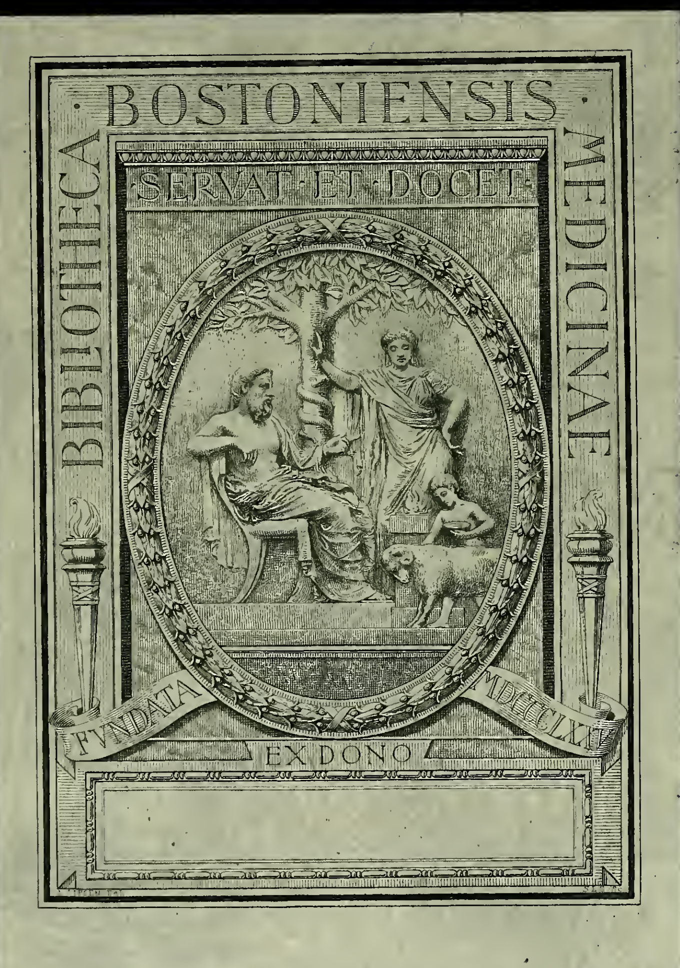
Dr. L. EDINGER

BAU DER NERVÖSEN ZENTRALORGANE.

ERSTER BAND.




BIBLIOTHECA · BOSTONIENSIS · MEDICINAE
SERVAT · ET · DOCET
FUNDATA
MDCCCLXV
EX DONO

VORLESUNGEN

ÜBER DEN BAU DER

NERVÖSEN ZENTRALORGANE

DES MENSCHEN UND DER TIERE.

FÜR ÄRZTE UND STUDIERENDE

VON

PROF. DR. LUDWIG EDINGER,

ARZT. DIREKTOR DES DR. SENCKENBERGISCHEN NEUROLOGISCHEN INSTITUTES
IN FRANKFURT AM MAIN.

ERSTER BAND.

DAS ZENTRALNERVENSYSTEM DES MENSCHEN UND DER SÄUGETIERE.

SIEBENTE, UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT 268 ABBILDUNGEN.



LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1904.


BOSTON MEDICAL
5 14 1909
LIBRARY.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Die folgenden Vorlesungen wurden im Winter 1883/84 vor einem Auditorium von praktischen Ärzten gehalten. Es war die Aufgabe des Vortragenden, Zuhörer, die im allgemeinen mit den gröberen Formverhältnissen des Gehirnes vertraut waren, mit dem Wichtigsten bekannt zu machen, was über die feineren Verhältnisse ermittelt war. Es galt vor allem, diese Verhältnisse so darzustellen, daß sie, soweit dies bislang möglich, als ein Ganzes erschienen. Vieles Kontroverse konnte nur angedeutet werden, da und dort konnte bei zweifelhaften Punkten oft nur *eine* Auffassung Erwähnung finden, diejenige, welche mir nach eigenen Untersuchungen oder nach der Ansicht guter Autoren als die richtigste erschien.

Hier läge ein wunder Punkt der folgenden Darstellung, wenn sie irgendwie die Prätension hätte, mehr sein zu wollen, als eine *Einführung in die Lehre vom Bau des Zentralnervensystemes.*

Der Verfasser ist sich, wie alle, die selbst auf dem schwierigen Gebiete der Hirnanatomie mit Hand angelegt haben, vollauf bewußt, daß es nur recht wenige Fakta sind, die ganz fest stehen, daß kein Gebiet der Anatomie mehr dem Wechsel unterworfen sein wird, als das hier vorgetragene. Er will deshalb schon jetzt, vor der Lektüre des Büchleins, den Leser darauf aufmerksam machen, daß möglicherweise die eine oder andere Linie etwas allzusicher und fest eingezeichnet wurde. Mit Absicht, nur im Interesse didaktischer Klarheit, ist das nirgends geschehen.

Frankfurt a. M., im Mai 1885.

Der Verfasser.

Vorwort zur fünften Auflage.

Nicht ohne ein gewisses Bedenken tritt der Verfasser mit dieser Auflage vor seinen Leserkreis. Ist das kleine Buch doch nun zu einem größeren angewachsen und bringt es doch einen Stoff, der bisher noch nicht übersichtlich dargestellt worden ist, *die vergleichende Anatomie des Zentralnervensystemes*, zum erstenmale zusammengefaßt. Es sind drei Abschnitte die voneinander so weit unabhängig sind, daß diejenigen, welche etwa weiteren Gesichtspunkten und vergleichend anatomischen Dingen weniger Interesse entgegenbringen, die beiden ersten Teile überschlagend im dritten das alte Buch in etwas vermehrter und reicher illustrierter Auflage wiederfinden. Dankbar des Interesses gedenkend, das gerade ärztliche Kreise den „Vorlesungen" bis-

her entgegengebracht, habe ich den dritten Abschnitt, welcher ausschließlich das Säugergehirn, vorwiegend das menschliche, beschreibt, sorgfältig neu durchgearbeitet und durch Beigabe von zahlreichen, nach Photographien gearbeiteten Abbildungen von Schnitten erweitert. Namentlich wurde — zur Erleichterung des Studiums bei Sektionen — eine vollständige Serie von Frontalschnitten durch ein ganzes Gehirn beigefügt.

Der erste Abschnitt soll in den heutigen Stand der Grundanschauungen einführen. Er berücksichtigt auch, was früher nicht der Fall war, das Funktionelle.

Der zweite Teil des Buches verwirklicht endlich einen Plan, den ich seit dem Beginn meiner hirnanatomischen Studien nie aus dem Auge gelassen habe. Fast durchweg auf eigenen Untersuchungen beruhend, gib er eine Übersicht über das, was sich heute mit einiger Sicherheit vom Aufbau und Entwicklungsgang des Zentralnervensystemes in der Tierreihe aussagen läßt. Diejenigen, welche auf diesem noch so wenig bebauten Gebiete gearbeitet haben, werden, die Schwierigkeiten, die sich überall auftürmen, berücksichtigend das gebotene mild beurteilen. Ein erster Versuch zu übersichtlicher Darstellung, trägt das Buch überall die Mängel an sich, die ein solcher bieten muß. Niemand weiß das besser als der Verfasser selbst. Wenn, wie hier, die Anlage des ganzen ein Eingehen in Details verbietet, so wird es nicht möglich sein, überall die ausreichende Begründung für das Vorgetragene zu geben*). So viel das immer möglich war, ist es in den zahlreichen Abbildungen geschehen, deren Beigabe des Herrn Verlegers Liberalität ermöglicht hat. Diese neue 5. Auflage hat 113 Abbildungen mehr als die 4. und von den neuen Abbildungen sind 99 der vergleichenden Anatomie gewidmet. Das Zentralnervensystem ist früher vorwiegend von Ärzten studiert worden. Diesen lag natürlich als nächste Aufgabe vor, das menschliche Gehirn besser verstehen zu lernen. Vergleichend sind fast nur die Säuger herangezogen worden. Immerhin besitzen wir auch von niederen Vertebratentypen mehrere vortreffliche Schilderungen.

Hier ist nun der Versuch gemacht, weit hinab in der Tierreihe zu steigen, zu ermitteln, wo bestimmte Formen auft eten, wie sie variieren, welche Funktionen sie auf einzelnen Zuständen der Ausbildung erfüllen können. Es ist auch versucht worden, zu ermitteln, was jedem einzelnen Teile des Nervensystemes als Prinzipielles zukommt. Ein Versuch ist es, zu dem sich der Verfasser berechtigt glaubte, weil ihn Studien auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie seit nun 10 Jahren beschäftigen. Möge er nur als solcher beurteilt werden.

Die Vorrede der zweiten Auflage dieses Buches schloß mit den Worten:

„Es muß eine Anzahl anatomischer Anordnungen geben, die bei allen Wirbeltieren in gleicher Weise vorhanden sind, diejenigen, welche die einfachsten Äußerungen der Tätigkeit des Zentralorgans ermöglichen. Es gilt nur immer dasjenige Tier oder diejenige Entwicklungsstufe irgendeines Tieres ausfindig zu machen, bei der dieser oder jener Mechanismus so einfach zutage tritt, daß er voll verstanden werden kann. Hat man das Verhalten einer solchen Einrichtung, eines Faserzuges, einer Zellanordnung, nur einmal irgendwo ganz sichergestellt, so findet man sie gewöhnlich leicht auch da wieder, wo sie durch neu Hinzugekommenes mehr oder weniger undeutlich gemacht wird.

---

*) Für eingehendere Studien auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie des Zentralnervensystemes verweise ich auf die Arbeiten, welche in den „Jahresberichten der Hirnanatomie“ zitiert sind, die ich seit 18 Jahren in Schmidts Jahrbüchern gebe; für die Begründung vieler eigenen Dinge auf die Studien, welche ich im gleichen Zeitraume im Anat. Anzeiger veröffentlicht habe, vor allem aber auf die „Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Zentralnervensystemes“, von denen bisher fünf Hefte — Diesterwegs Verlag, Frankfurt a. M. — erschienen sind.

Das Auffinden solcher Grundlinien des Hirnbaues aber scheint die nächstliegende und wichtigste Aufgabe der Hirnanatomie. Kennen wir nur erst einmal sie, so wird es leichter sein, die komplizierten Einrichtungen zu verstehen, mit denen das höher organisierte Gehirn arbeitet."

Dies war gewissermaßen ein Programm und einen Teil der Ausführung dieses Programmes bringt die neue Auflage.

Frankfurt am Main, im Juni 1896.

Edinger*).

Vorwort zur siebenten Auflage.

Die neue Auflage erscheint in wesentlich verändertem Gewande. Wesen und Ziele der Darstellung sind natürlich die gleichen geblieben, aber die Gesamteinteilung ist verändert. Das Buch zerfällt jetzt in zwei voneinander getrennte Bände. Der erste, wesentlich für Ärzte und Studierende bestimmt, bringt die Darstellung der allgemeinen und der histologischen Verhältnisse und schildert dann den Bau des Säugergehirns, wesentlich das menschliche Gehirn berücksichtigend. Er wird dadurch den vielfach an den Verfasser gestellten Anforderungen gerecht, welche ein Buch wünschten, das für den auf dem Gebiete der Nervenkrankheiten arbeitenden Arzt mehr als die früheren Auflagen bringe, das namentlich auch die klinischen und praktisch wichtigen Verhältnisse mehr berücksichtige, als das in den früheren Auflagen geschehen ist. Die Darstellung ist deshalb breiter geworden, sie berücksichtigt auch neben dem auf rein anatomischem Wege gewonnenen ganz besonders die Resultate pathologisch anatomischer und experimenteller Untersuchungen. Die Abbildungen sind sehr wesentlich vermehrt. Sie bringen von jetzt an nicht nur Schnittbilder, sondern vielfach auch, einem neuen Prinzip folgend, Ansichten der äußeren Form mit Eintragung der Schnittbilder am frontalen oder kaudalen Ende. Dadurch wird das bekanntlich immer schwierige Beziehen der Querschnittsdarstellungen auf die seit dem ersten anatomischen Unterricht gut bekannten äußeren Formen voraussichtlich sehr erleichtert. Außerdem ist von dem Mehrfarbendruck öfter Anwendung gemacht, auch wurden viele ältere Bilder neu gezeichnet und besser reproduziert. So wird das erneute Buch sich wohl besser als das frühere zur Lektüre und namentlich auch besser zum Leitfaden im Laboratorium eignen.

Der zweite Band bringt die Anatomie des Gehirnes der niederen Vertebraten. Aus äußeren Gründen kann ich erst in einiger Zeit an eine Neubearbeitung desselben herantreten. Bis zum Erscheinen einer solchen wird der Herr Verleger die vergleichend anatomischen Abschnitte aus der sechsten Auflage separat abgeben.

Frankfurt a. M., im März 1904.

---

*) Diesen „ersten Versuch einer vergleichenden Anatomie des Gehirnes" hat der Verfasser seinem dankbar verehrten Lehrer, W. Waldeyer, gewidmet.

Inhaltsverzeichnis.

I. Teil.

Einführung in die Anatomie der nervösen Zentralorgane.

ERSTE VORLESUNG. Seite

Überblick über die Geschichte und die Methoden der Erforschung der nervösen Zentralorgane 3

ZWEITE VORLESUNG.

Grundbegriffe. Ganglienzelle und Nerv 15

DRITTE VORLESUNG.

Der Aufbau des Nervensystems. Physiologisches 33

VIERTE VORLESUNG.

Einiges von der peripheren Innervation 45

II. Teil.

Spezielle Anatomie des Säugergehirnes mit besonderer Berücksichtigung des Gehirnes des Menschen.

FÜNFTE VORLESUNG.

Die Entwicklung des Gehirnes 59

SECHSTE VORLESUNG.

Die Formverhältnisse des Gehirnes beim Menschen 73

SIEBENTE VORLESUNG.

Die peripheren Nerven, die Wurzeln und die Spinalganglien 84

ACHTE VORLESUNG.

Vom Rückenmarke. Die Wurzeln und der Eigenapparat 95

NEUNTE VORLESUNG.

Der Leitungsapparat des Rückenmarks. Der Gesamtaufbau 113

ZEHNTE VORLESUNG.

Das verlängerte Mark 134

ELFTE VORLESUNG.

Die Oblongata. Der Leitungsapparat. Der Gesamtaufbau 153

Seite

ZWÖLFTE VORLESUNG.

Der Ursprung des Akustikus, Facialis, Aducens und Trigeminus Das dorsale Längsbündel 165

DREIZEHNTE VORLESUNG.

Oblongata und. Brücke 183

VIERZEHNTE VORLESUNG.

Das Kleinhirn 202

FÜNFZEHNTE VORLESUNG.

Das Mittelhirn 225

SECHZEHNTE VORLESUNG.

Das Zwischenhirn. Sein Dach, seine Basis, der Sehnervenursprung 253

SIEBZEHNTE VORLESUNG.

Die Ganglien der Regio subthalamica und die Thalamusganglien 268

ACHTZEHNTE VORLESUNG.

Die äußere Form des Vorderhirnes 285

NEUNZEHNTE VORLESUNG.

Der Hirnmantel des Menschen und seine Windungen 309

ZWANZIGSTE VORLESUNG.

Die Rinde des Vorderhirns 325

EINUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Der Eigenapparat des Vorderhirnes. Fibrae propriae, Kommissuren, Stabkranz . 337

ZWEIUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Verbindungen des Vorderhirnes mit andern Gebieten. Stabkranz und Capsula interna. Einiges von der Funktion des Gehirnes 358

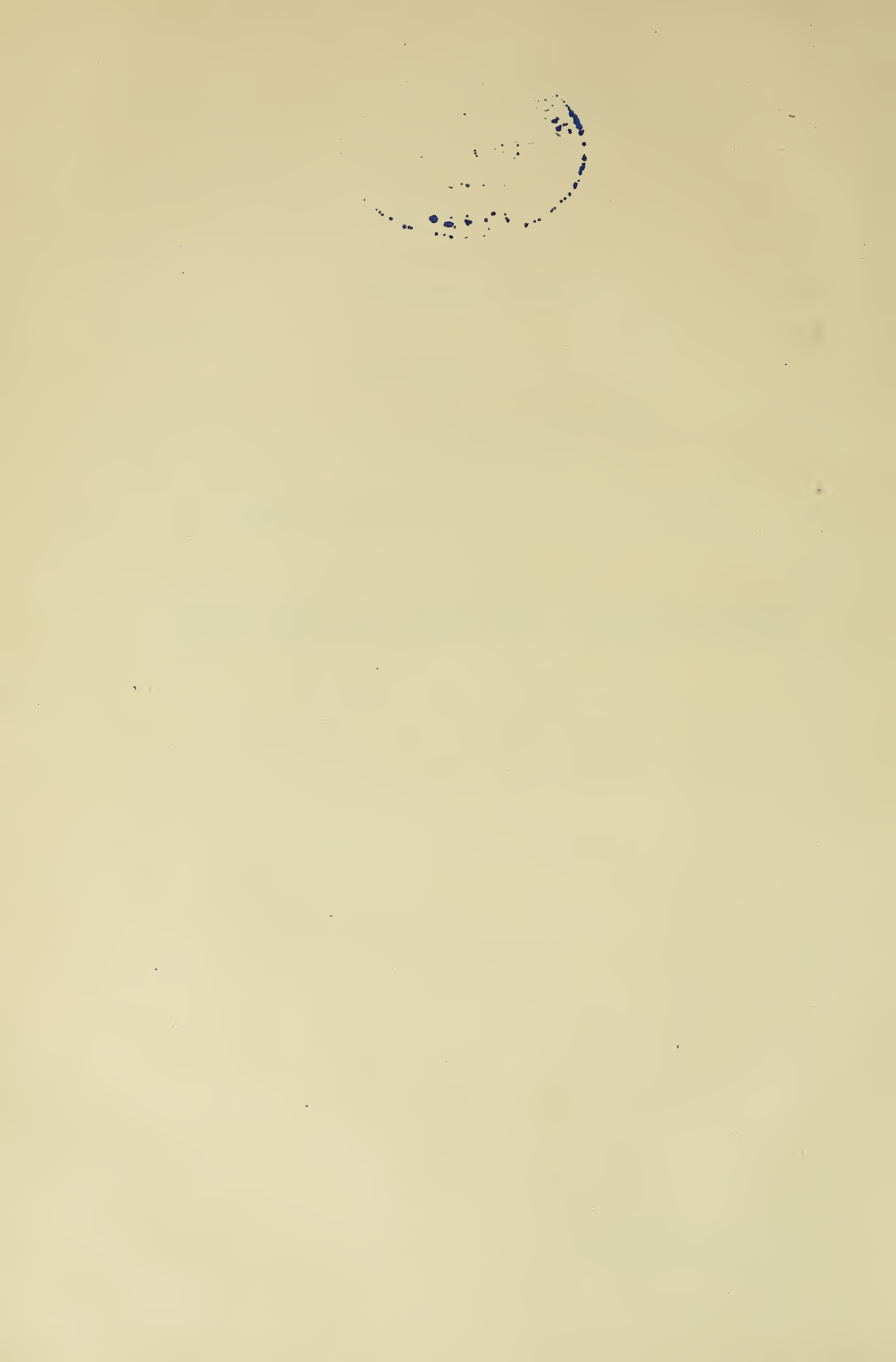
DREIUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Gesamtübersicht 377

REGISTER 392

I. TEIL.

EINFÜHRUNG IN DIE ANATOMIE DER NERVÖSEN ZENTRALORGANE.





Erste Vorlesung.

Überblick über die Geschichte und die Methoden der Erforschung der nervösen Zentralorgane.

Meine Herren! Die Anatomie des Zentralnervensystems, mit deren Grundzügen Sie diese Vorlesungen bekannt machen sollen, hat seit der Renaissance der anatomischen Wissenschaft das Interesse zahlreicher Forscher lebhaft in Anspruch genommen. Vesalius, Eustachio, Aranzio, Varolio, Fallopia haben die Grundlagen geschaffen, auf denen in späteren Jahrhunderten weiter gebaut werden konnte. Im 17. Jahrhundert erschienen schon größere Monographien, welche mit Rücksicht auf die damalige Untersuchungstechnik fast als erschöpfend zu bezeichnen sind: so die Bücher von Th. Willis und von Raim. Vieussens. Immerhin konnte Willis noch Gebilde wie die Streifenhügel, die vordere Kommissur, die Pyramiden und die Oliven als neu beschreiben. Wichtige Beiträge zur Hirnanatomie gaben damals noch F. D. Sylvius, J. J. Wepfer und van Leuwenhoeck, welcher letztere zuerst mikroskopische Untersuchungen des Gehirns anstellte. V. Malacarne in Italien, S. Th. v. Sömmering in Deutschland, Vicq d'Azyr und Rolando in Frankreich trugen gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wesentlich zur Vertiefung unseres Wissens vom Gehirn bei.

Als unser Jahrhundert anbrach, war der allgemeinen Formbeschreibung der Organe des Zentralnervensystems kaum noch etwas Wesentliches zuzufügen. Trotzdem war man in dem, was wir heute als den wichtigsten Teil der Lehre vom Bau des Zentralnervensystems bezeichnen müssen, in der Kenntnis vom feineren Zusammenhang der Teile, vom Faserverlauf, kaum vorwärts gekommen. Auch die vergleichend anatomischen Untersuchungen, die man gerade in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts aufnahm, brachten diese Lehre nicht vorwärts. Was noch auf wesentlich makroskopischem Wege zu erreichen war, haben Reil, Gall und Spurzheim, F. Arnold, C. B. Reichert, Foville, Burdach u. a. geleistet.

Namentlich Reil, der zuerst die künstliche Härtung des Gehirns als vorbereitendes Mittel allgemein geltend machte, hat bereits eine große Anzahl anatomischer Facta, die nicht gerade auf der Oberfläche liegen, richtig gesehen. Als seine wichtigsten Entdeckungen muß man die Abgrenzung des Stabkranzes und des Hirnschenkelsystems be-

system untersuchten. Ich werde am Schlusse jeder Vorlesung Ihnen die Namen derer mitteilen, welchen wir das Wichtigste in der Erkenntnis des dort behandelten Hirnteiles verdanken. Aber heute schon müssen Sie sich merken, daß wir zwei Männern, Stilling und Meynert, das Allermeiste verdanken, was wir vom feineren Bau des Gehirnes und Rückenmarkes wissen, daß alle neueren Arbeiter von dem ausgegangen sind, was jene schufen.

Benedikt Stilling hat die ganze Grundlage unseres Wissens von der Brücke, dem Kleinhirn, dem verlängerten Marke und dem Rückenmarke geschaffen durch eine Reihe großartig angelegter und von nicht wieder erreichtem Fleiße zeugender Werke, die sicher ein monumentum aere perennius des großen Kasseler Arztes bleiben werden.

Meynert aber hat nicht nur alle Gebiete des Hirnes und Rückenmarkes systematisch auf Schnitten und abfasernd durchgearbeitet und dabei mehr Tatsachen neu entdeckt, als, Stilling ausgenommen, irgendein früherer Forscher, sondern er hat auch in wahrhaft genialer Konzeption auf Grund der feineren Anatomie eine Theorie des Hirnbaues aufgestellt, welche auf die Anatomie und auf die Psychologie in gleichem Maße bis heute fruchtbringend und zu Neuem anregend fortwirkt.

Es liegt im Wesen der Stillingschen Methode begründet, daß die Verfolgung einer Nervenbahn auf lange Strecken hin nur sicher und möglich ist, so lange die sie zusammensetzenden Züge nicht durch Ganglienzellen unterbrochen werden oder aus der Schnittebene abbiegen, so lange sie nicht in ein Fasergewirr eingehen oder sich aus einem Bündel in zahlreiche sich zerstreuende Fäserchen spalten. Auch im Rückenmark der kleinsten Tiere kommt kaum eine Faser vor, deren ganzer Verlauf in einer Schnittebene zu übersehen wäre.

Man hat sich daher, nachdem man namentlich durch Stillings Arbeiten angefangen hatte, sich etwas auf dem schwierigen Gebiete zu orientieren, nach weiteren Methoden umgesehen, welche ein Auffinden und Verfolgen der Faserbahnen gestatten. Bekanntlich hat Waller 1852 gezeigt, daß durchschnittene Nerven in ganz bestimmten Richtungen degenerieren. Nun fand Türk schon vorher (1850), daß auch die Unterbrechung der Leitung im Rückenmark zu Degenerationen führte, die nach aufwärts sich in anderen Fasersträngen fortpflanzten, als nach abwärts. Es gelang durch seine Arbeiten, sowie die von Bouchard, von Flechsig, Charcot und vielen anderen nachzuweisen, daß im Rückenmark und im Gehirn ganz bestimmte Fasergebiete an immer den gleichen Stellen liegen, Fasern, welche, wenn sie degeneriert sind, auf die ganze Länge ihres Verlaufes hin sich vom gesund gebliebenen Gewebe abheben und so leicht ihrer Richtung entlang verfolgt werden können. Das Stadium dieser sekundären Degenerationen ist seitdem wichtig für den Fortschritt der uns beschäftigenden Lehre geworden. Deshalb wollen wir noch einen Augenblick auf

das Wallersche Gesetz etwas näher eingehen. Man formuliert es jetzt so, daß man sagt: Der Axenzylinder einer Nervenfaser hat nur Bestand, so lange er noch mit seiner Ursprungszelle zusammenhängt. Er degeneriert samt seiner Markscheide in dem Gebiete, welches nicht mehr unter dem Einfluß der Ursprungszelle steht. Nun hat aber Forel gezeigt, daß bei Neugeborenen nach einfacher Nervendurchschneidung und bei Erwachsenen, wenn der Nerv sehr nahe am Kern durchtrennt wird, Degenerationen auch in dem noch mit der Zelle zusammenhängenden Stücke entstehen können, und Bregmann hat bei besonders darauf gerichteten Untersuchungen den Zerfall des zentralen Stumpfes bestätigt. Dieser scheinbare Widerspruch gegen das Wallersche Gesetz ist durch die Arbeiten von Nissl gelöst worden. Nissl hat nämlich gezeigt, daß eine schädigende Einwirkung vorübergehend von der Durchschneidungsstelle auf die zentrale Zelle ausgeübt wird, daß diese vorübergehend sehr in ihrer Struktur geschädigt werden kann. In solchen Fällen kommt es dann zu Zerfall auch des zentralen Axenzylinders, weil er eben nicht mehr mit einer normalen Ursprungszelle zusammenhängt. Bei der Beurteilung sekundärer Degenerationen muß man in Zukunft auf diese Tatsachen, die ja für die Pathologie besonders wichtig sind, gebührende Rücksicht nehmen.

Das Fasergebiet, in dem eine solche Degeneration sich konstant fortzupflanzen pflegt, nennt man auch ein Fasersystem. Eine Anzahl von Rückenmarkskrankheiten befallen, im Anfange ihres Auftretens oder immer, nur bestimmte Systeme, z. B. nur die Hinterstränge des Rückenmarks. Man nennt sie Systemerkrankungen. Auch die Untersuchung solcher Systemerkrankungen kann zur Erkenntnis des Faserverlaufs benutzt werden (Flechsig, Westphal, Strümpell). Durch genaues Studium pathologischer Veränderungen haben ferner noch Charcot und seine Schüler, besonders Pitres, Féré, Ballet, Brissaud u. a., befruchtend auf die Hirnanatomie gewirkt.

Zuweilen gewähren Mißbildungen die Möglichkeit, die eine oder die andere Bahn leichter zu erkennen, als dies im normalen Gehirn möglich ist. Noch wichtiger aber wird ihre Untersuchung für die Erkenntnis des Mechanismus der Hirnanlage, der Korrelationen der Teile zueinander, der Unabhängigkeit einzelner Teile vom Ganzen u. s. w. Namentlich v. Monakow, Veraguth, Anton, Zingerle, Schürhoff u. a. haben hier durch Untersuchungen von Anenkephalen und anderen Hirnmißbildungen Grundlegendes geleistet.

Es lag nahe, absichtlich ganz bestimmte Teile der Wurzeln oder des Rückenmarkes z. B. zu durchschneiden und so durch die willkürlich erzeugte sekundäre Degeneration weiter in den Bau einzudringen. Solche Versuche wurden viele gemacht, und manches wichtige verdanken wir den Experimentatoren, welche so vorgingen. So wurden beispielsweise durch die Durchschneidungsversuche von Singer und von Schiefferdecker, denen sich später Löwenthal, Sherrington,

Mott u. v. a. beigesellten, unsere Kenntnisse vom Verlauf der Nervenwurzeln im Rückenmark sehr bereichert.

Technisch können solche Degenerationen auf drei Weisen studiert werden. Man kann entweder den völligen Untergang der Fasern abwarten und dann den Verlauf der verödeten Strecke verfolgen, oder man kann durch Einlegen des Präparates wenige Wochen nach der Operation in eine osmiumsäurehaltige Chromsalzlösung die Zerfallpro-

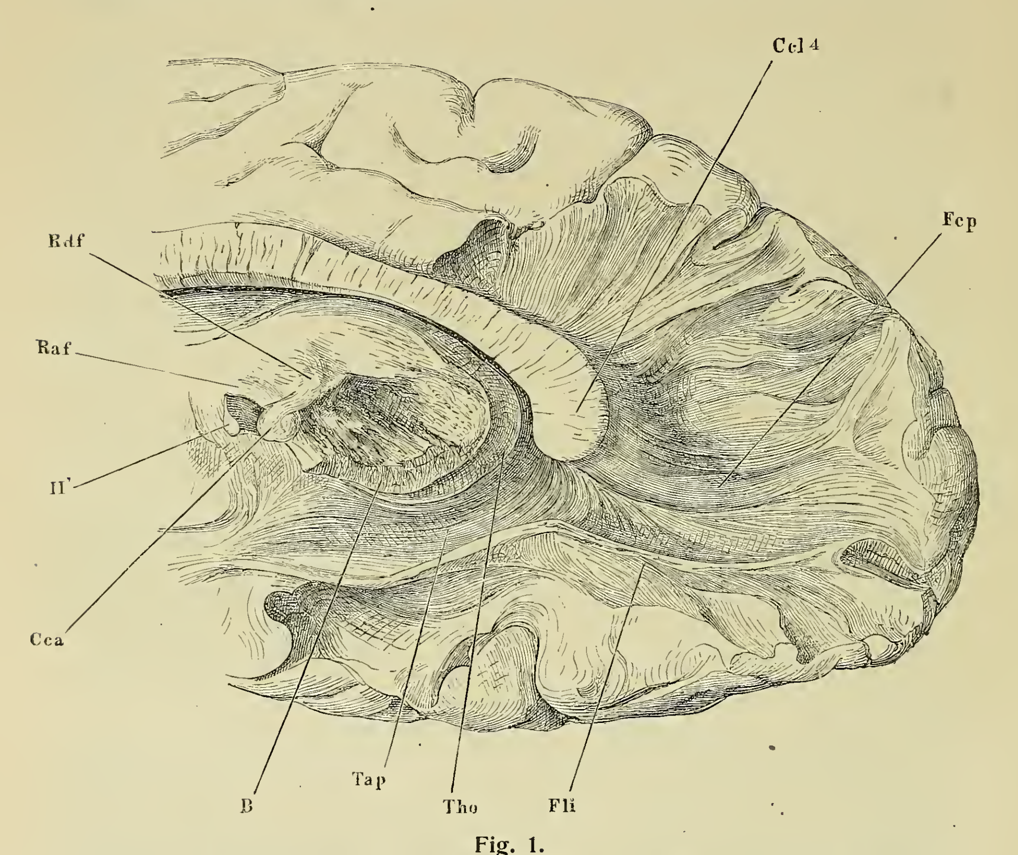


Fig. 1.

Die Faserung des Balkens, durch Abbrechen des erhärteten Präparates mit der Pinzette dargestellt, nach Henle.

dukte schwärzen (Marchi). Namentlich die letztere Methode gibt sehr klare Bilder, Linien von schwarzen Pünktchen der degenerierten Fasern auf hellem Grunde. Schließlich kann man, die oben erwähnte Entdeckung Nissls benutzend, nach der Durchschneidung eines Faserzuges suchen, welche Zellen in Degeneration verfallen (Kohnstamm u. a.).

Wenn man bei neugeborenen Tieren periphere oder zentrale Nervensubstanz operativ entfernt, so entwickeln sich mit den verletzten Stellen im Zusammenhang stehende Fasern nicht weiter, gehen allmählich so-

gar ganz zugrunde. Diese Erfahrung hat Gudden (1870) benutzt, um uns mit einer neuen und fruchtbaren Untersuchungsmethode zu beschenken. Er hat beispielsweise die nach Exstirpation eines Auges im Gehirn entstehenden Atrophien auf Schnitten usw. verfolgt und so die nächsten zentralen Endigungen des betreffenden Sehnerven aufgefunden. Wo immer sonst noch am Gehirn er experimentiert und nachträglich untersucht hat, überall hat er neues und wichtiges zutage gebracht. Außer Gudden verdanken wir namentlich Mayser, Ganser, Forel, Monakow wichtige, mit dieser Methode gewonnene Kenntnisse über den Faserverlauf im Rückenmark, die Ursprungsart verschiedener Hirnnerven, den Verlauf der Schleife im Gehirn u. v. a.

Zuweilen bieten sich Fälle, wo die Natur gleichsam selbst ein Guddensches Experiment am Menschen angestellt hat. So konnte ich einmal die atrophischen Nervenbahnen, welche nach intrauteriner Amputation eines Armes zurückgeblieben waren, bis hoch hinauf in das Rückenmark verfolgen; ein andermal hatte ich Gelegenheit, das Nervensystem eines Kindes zu untersuchen, das vor oder doch bald nach der Geburt eine ausgedehnte Erweichung der Scheitellappenrinde bekommen hatte. Im Rückenmark fehlte die gekreuzte Pyramide ganz.

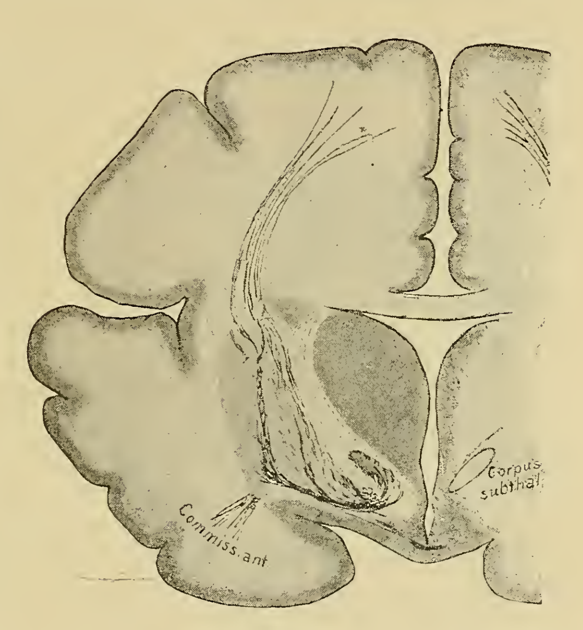


Fig. 2.
Frontalschnitt durch das hintere Ende der Fossa Sylvii am Gehirn einer neunmonatlichen todgeborenen Frucht angelegt. Die markhaltigen Fasern schwarz gezeichnet. In Wahrheit heben sie sich weiß von grauem Untergrunde ab.

Die Lehre vom Faserverlauf hat durch die Methode der sekundären Degenerationen und Atrophien einen guten Schritt vorwärts getan. Noch förderlicher aber wurde ihr eine neue Methode, welche sich auf die Untersuchung der Markscheidenentwicklung gründete.

Es gebührt das Verdienst, diese Methode in die Forschung eingeführt und mustergültig ausgenutzt zu haben, P. Flechsig. In einer Reihe von Mitteilungen (1872 bis 1881), dann in einem größeren Werk über die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark (1876) hat er gezeigt, daß die verschiedenen Faserzüge, welche auf dem Schnitt durch

das Zentralorgan des Erwachsenen ganz gleichartig aussehen, in der Embryonalzeit sich sehr wesentlich dadurch voneinander unterscheiden, daß sie zu verschiedener Zeit ihr Nervenmark bekommen. Ganze „Systeme“ auf dem Rückenmarksquerschnitt sind noch durchsichtig zu einer Zeit, wo andere bereits weiß, markhaltig geworden sind. Die Verfolgung der weißen Partien auf Quer- und Längsschnitten ist sehr viel leichter, gibt sehr viel sicherere Resultate, als die Verfolgung von Nervenfasersträngen am völlig ausgebildeten Organ.

Um Ihnen einen Begriff von den Eigenheiten der einzelnen bislang erwähnten Methoden zu geben, demonstriere ich Ihnen zunächst hier ein Präparat, das durch Abfaserung hergestellt wurde und den Verlauf der Balkenfasern im Großhirn zeigen soll (Fig. 1).

Die folgende Zeichnung ist nach einem Frontalschnitt gefertigt, der durch das Großhirn einer neunmonatlichen totgeborenen Frucht gelegt wurde. Das ganze hier abgebildete Gebiet ist beim Erwachsenen von Nervenfasern erfüllt, die, in mannigfacher Richtung verlaufend und sich durchkreuzend, schwer zu verfolgen sind. Bei unserer Frucht aber ist von all den vielen Fasern des Großhirns nur der eine als Haubenbahn bezeichnete Strang markhaltig. Nirgends im Großhirn als an dieser Stelle finden sich markhaltige Nervenfasern. Deshalb ist es Flechsig zuerst gelungen, unter den vielen Bahnen des Grosshirns, die uns zum Teil noch wenig bekannt sind, die Haubenbahn als distinktes Bündel zu entdecken und ihren Verlauf zum Teil klarzustellen.



Fig. 3.
Schnitt durch das Halsmark eines 45 jährigen Mannes, der mit einem kurzen Amputationsstumpf des linken Vorderarms zur Welt kam.

Die dritte Abbildung stellt einen Schnitt durch den Halsteil eines Rückenmarkes dar, das einem Manne entstammt, der vor der Geburt den linken Vorderarm verlor. Sie sehen, daß die graue und die weiße Substanz, namentlich aber die erstere, links stark atrophisch ist. Die genauere Feststellung dieser Ausdehnung der Atrophie gestattete einen Schluß auf die Lage der zentralen Enden der durchtrennten Nerven.

Das Verständnis für die allgemeine Morphologie des Zentralnervensystems ist durch nichts mehr gefördert worden, als durch die vergleichende Anatomie und durch die Entwicklungsgeschichte.

Was wir von der Entwicklungsgeschichte der uns hier interessierenden Organe wissen, verdanken wir wesentlich His, Tiedemann, Reichert, Kölliker, v. Mihalkovics, Götte, Kupffer.

Noch in das 17. Jahrhundert ragen die ersten Versuche, dem Gehirne auf vergleichendem Wege näher zu treten, hinein, und die Literatur der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts zählt schon eine ganze

Anzahl von Schriften, die sich mit dem Gehirne niederer Wirbeltiere beschäftigen. Namentlich war es das Fischgehirn, das immer wieder zu neuen Studien anregte. Die zahlreichen Arbeiten dieser Zeit fanden einen gewissen Abschluß durch das Werk von Leuret und Gratiolet über das Gehirn der Wirbeltiere und außerdem durch wirklich groß angelegte Monographien, von denen ich namentlich diejenige des Wolmarer Arztes Dr. Girgensohn über das Gehirn der Fische erwähne, weil sie, im Jahre 1846 veröffentlicht, eine der, wie mir scheint, seltenen Arbeiten ist, die von großen, zum Teil heute noch gültigen und lehrreichen Gesichtspunkten ausgehen. Natürlich beschäftigen sich alle diese Arbeiten nur mit der äußeren Form des Gehirnes. Das gilt auch für einige spätere, die von allgemein morphologischen Gesichtspunkten aus unternommen, uns gerade über die äußere Form genau belehrt haben. Hier wären die Werke von Gottsche, Viault, Valentin, Miclucho-Maklay, Baudelot u. a. zu nennen, die das Gehirn, speziell der Selachier und der Teleostier, genauer durchgearbeitet haben. Das Gehirn der Amphibien und der Reptilien ist vielfach von den vergleichenden Anatomen untersucht worden, doch gibt es für das allgemein morphologische wenig brauchbare ältere Literatur, außer den Werken von Treviranus und von Carus.

Hier aber setzte dann die neuere Technik der sukzessiven Querschnitte ein. Reißner zunächst, später in ausgezeichneter Weise Stieda, haben zuerst versucht, in dem wirklich schwierigen Gebiete sich an Schnitten zurecht zu finden, und wir verdanken ganz besonders dem letztgenannten Autor die grundlegenden Studien über den inneren Bau des Gehirnes der niederen Wirbeltiere. Rasch folgten, nachdem Stieda einmal Vertreter der Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel geschnitten und abgebildet hatte, weitere Arbeiten im gleichen Sinne. Fast alle Tierklassen wurden von mehreren untersucht. Den Fischen widmete Fritsch eine prachtvolle Monographie, deren Angaben dann später durch eine Arbeit von Mayser, die ich zu den klassischen der Hirnliteratur rechnen möchte, erweitert und zum Teil sehr modifiziert wurden. Neben der Mayserschen Monographie steht als ebenbürtig noch ein Werk, dessen Lektüre ich Ihnen auch besonders empfehlen möchte, die Beschreibung des Petromyzongehirnes von Ahlborn. Diese Arbeiten haben den Grund zu unserer heutigen Kenntnis vom Gehirne der niedersten Vertebraten gelegt. Noch haben sie, mangels guter technischer Methoden, vom feineren Aufbau relativ wenig nur berichten können. Erst die Untersuchungen des Italieners Guiseppe Bellonci, der mit außerordentlicher Klarheit die Aufgaben erfaßte, die sich bei derlei Untersuchungen bieten, und mit großer Präzision das Gewonnene darzustellen wußte, zeigten, welche Probleme hier noch der Lösung harrten. Bellonci ist noch jung gestorben, aber die wenigen kleinen Aufsätze, die er hinterlassen hat, gehören zum allerbesten, was wir auf diesem Gebiete besitzen. Einen wesent-

lichen Fortschritt erfuhr unsere Kenntnis des Gehirnes der niederen Vertebraten durch die entwicklungsgeschichtlichen und vergleichend anatomischen Studien Rabl Rückhardts, dem wir nächst Stieda überhaupt erst die Möglichkeit verdanken, die einzelnen Gehirnteile mit den entsprechenden Teilen der längst schon besser gekannten Säuger zu homologisieren. Nun erst konnte ein frisches Voranarbeiten beginnen und bald zeitigten denn auch wichtige Arbeiten; überall wurden die gestellten und nun lösbar gewordenen Aufgaben in Angriff genommen. Drüben in Amerika, wo bereits Mason ein großes vergleichend anatomisches Tafelwerk veröffentlicht hatte, arbeiteten Spitzka mit seinen Schülern, dann Osborn, dem wir wichtige Studien über die Kommissuren und auch über das Amphibiengehirn verdanken, C. L. Herrick, der mit großem Fleiße Vertreter aller niederen Klassen untersucht hat; in England erschienen die Studien von Sanders und von Elliot Smith, bei uns waren Wiedersheim, Köppen, Meyer, der Verfasser u. a. tätig. Doch ist oft noch mit völlig ungenügender Methodik gearbeitet worden, so daß trotz vieler Arbeit wenig zuverläßliches Material bisher vorliegt. Verhältnismäßig am besten sind die Amphibien und Reptilien — Gaupp, P. Ramon, Verfasser — bearbeitet; auch von den Fischen sind einzelne Hirnteile wenigstens etwas bekannt. Am schlechtesten stand es noch vor kurzem um die Kenntnis des Vogelgehirnes. Seine Hemisphären haben inzwischen durch den Verfasser, Wallenberg und Holmes Bearbeitung erfahren, während von dem Zwischenhirn durch Boyce, Westphal, Münzer und Wiener, Verfasser und Wallenberg, von dem Mittelhirn und den Nervenursprüngen durch S. R. y Cajal, v. Gehuchten und Brandis wenigstens einiges bekannt geworden ist.

Die älteste ausführliche Studie über das Vogelhirn ist diejenige von Bumm.

Die Homologisierung wurde namentlich auch durch Burkhardts vergleichend anatomische und Kupffers und His' vergleichend entwicklungsgeschichtliche Studien mehr und mehr erleichtert, welche erst die Wichtigkeit der Ein- und Ausstülpungen, die wir an den häutigen Gebilden des Gehirnes beobachteten, für derlei Vergleiche kennen lehrten.

Die Ausbeute, welche die vergleichende Anatomie für die Lehre vom Faserverlauf ergeben hat, ist bisher nicht so groß, als man erwarten dürfte. Gegenüber der Feststellung und Beschreibung der äußeren Form ist vielfach das Interesse am feineren Bau gering gewesen, obgleich ja eigentlich dies der Kern und jene nur die äußere Schale ist. Dazu kam die Unzulänglichkeit der Methoden, mit denen man sich lange behelfen mußte. Nur wenige vermochten in dem Gewirre der Bahnen, das auch bei den niedersten Wirbeltieren bereits vorhanden ist, einzelne Züge klar zu erkennen, einzelne Ganglien und Nervenursprünge zu unterscheiden. Denn so einfach und durchsichtig

auch die äußeren Verhältnisse oft bei niederen Wirbeltieren sind, so ist doch der innere Bau, besonders in den hinter dem Zwischenhirn liegenden Hirngebieten, oft kaum minder kompliziert, als bei den Säugetieren selbst. Die Zellen und Faserzüge, welche den einfachsten motorischen, sensorischen und psychischen Verrichtungen dienen, müssen ja wohl überall dieselben sein, aber sie sind schon bei den Larven der Cyklostomen nicht mehr ganz einfach durchsichtig.

Ich habe daher versucht, dadurch der Lösung unserer Aufgaben etwas näher zu kommen, daß die vergleichend anatomische Methode mit derjenigen der Markscheidenentwicklung kombiniert wurde. Wir können ja jetzt jede einzelne Markscheide färben und verfolgen. In der Tat gelang es der vergleichend entwicklungsgeschichtlichen Methode, bei den Embryonen der niederen Wirbeltiere endlich die gesuchten, ganz einfachen Verhältnisse aufzufinden und eine Anzahl Nervenbahnen sicher als allen Wirbeltieren zukommend zu ermitteln.

Von allergrößter Wichtigkeit für unsere Gesamtauffassung des Nervensystems waren aber die Entdeckungen, welche sich an die oben erwähnte Golgische Imprägnationstechnik der Nervenzellen und an die vitale Methylenblaufärbung Ehrlichs anschlossen. An anderer Stelle wird über sie berichtet werden. Hier aber sei schon hervorgehoben, daß wir durch diese Erweiterung der Technik endlich in die Lage gekommen sind, über die Beziehungen der Zellen zueinander, über den feineren Aufbau mehr Klarheit zu erlangen. Diesen Methoden verdanken wir die wichtigsten Entdeckungen, welche in den letzten Jahren auf dem Gebiete des Zentralnervensystems gemacht worden sind, ihnen allein verdanken wir den Einblick in das bisher so gut wie ganz unbekannte Nervensystem der Wirbellosen und die Retzius dort geglückte Entdeckung, daß ein einzelnes Nervensystem unter Umständen in seinen sämtlichen Beziehungen bei einem Wirbellosen zu übersehen ist. Durch die vortrefflichen Arbeiten dieses Forschers sind uns denn auch in rascher Folge das periphere und zentrale Nervensystem von Vertretern zahlreicher Klassen der Wirbellosen bekannt geworden. Es ist zu erwarten, daß die Methode in ihrer heutigen Vervollkommnung durch S. y Cajal und durch Bethe uns ein besonders erfreuliches Fortschreiten der Erkenntnis ermöglichen wird.

Sie sehen, meine Herren, der Wege zum Ziele sind viele. Für jede einzelne Aufgabe wird man sich immer neu die Frage vorlegen müssen, welche Methode anzuwenden ist, vor allem, wo man erwarten darf, den einfachsten Verhältnissen zu begegnen. Selten nur wird die Untersuchung von Organen des erwachsenen Menschen zu sicherem Ziel führen, meist wird es nötig werden, auf irgendeinem Wege sich künstlich größere Einfachheit zu schaffen.

Von Zeit zu Zeit hat man versucht, das, was über die feinere Anatomie des Zentralnervensystems bekannt war, in eine schematische

Zeichnung zu fassen. Die ältesten schematischen Darstellungen der Hirnfaserung, welche mir bekannt wurden, finden sich bei Descartes in dem Tractatus de homine, der 1662 erschien.

In den folgenden Vorlesungen, meine Herren, wollen Sie an vielen Stellen Wort und Bild auch nur als eine Art Schema betrachten. Sie verfolgen nur den Zweck, Ihnen die wichtigsten Tatsachen aus der Lehre vom Faserverlauf im Zentralnervensystem möglichst übersichtlich vorzuführen. Dabei ist vieles Kontroverse, das sich noch nicht in den Gesamtplan einfügen läßt, nur kurz gestreift, gar manches Detail nicht erwähnt. Überall, wo es anging, sind nicht nur die auf rein anatomischem Wege gewonnenen Linien gezeichnet worden, sondern auch die Bahnen, welche aus gut beobachteten pathologischen Fakten erschlossen werden konnten. Ein Schema ist nicht immer und überall ein Bild vom Faserverlauf, es ist oft genug nur die graphische Darstellung der Schlüsse, welche aus zahlreichen Beobachtungen gezogen werden konnten.

Ein Schema ist ein schwankendes Gebäude; es muß bald da, bald dort ausgebessert werden; es wird oft genug des Niederreißens und des Wiederaufbauens einzelner Teile bedürfen. Man hat die Berechtigung bestritten, Schemata aufzustellen auf einem Gebiete, das noch so viele Lücken aufweist, wie unser Wissen vom Bau des Zentralnervensystems. Lassen Sie es uns aber mit dem alten Burdach halten, der da 1819 schrieb: „Das Sammeln einzelner Baustoffe ist es doch nicht allein, was not tut. In jedem Zeitraume, wo eine neue Masse derselben gewonnen worden ist, mögen wir von neuem darangehen, sie zum Gebäude zu fügen. Durch solche Gestaltgebung wird das Fortschreiten des Forschungsgeistes zu neuen Entdeckungen keineswegs gehemmt; vielmehr erfahren wir gerade erst, wenn wir das Ganze überschauen, die Lücken unserer Kenntnisse und lernen einsehen, welche Richtungen die Forschung künftig nehmen muß. Möge der Versuch eines solchen Baues sich immer wiederholen. Keiner geht vorüber, ohne dem Wissen förderlich gewesen zu sein."

Von **älteren** Gesamtdarstellungen des Zentralnervensystems seien die folgenden erwähnt: Kölliker, Handbuch d. mikroskop. Anat. Leipzig 1854. — Meynert, Vom Gehirne der Säugetiere: Strickers Handb. d. Lehre von den Geweben. 1870. — Henle, Handbuch d. Anatomie d. Nervensystems. Braunschweig 1879. — Luys, Recherches sur le Système nerveux cérébrospinal. Paris 1865. — Wernicke, Lehrb. d. Gehirnkrankh. I. Kassel 1881. — Schwalbe, Lehrb. d. Neurologie. Erlangen 1881. (Enthält die meiste Literatur bis 1881.) — Von **neueren** Werken nenne ich: v. Lenhossék, Der feinere Bau des Nervensystems. 2. Aufl. Berlin 1895. — V. Horsley, The structure and functions of the brain and spinal cord. London 1892. — Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane. 4. Aufl. Wien 1901. — Mendel, Artikel „Gehirn" in Eulenburgs Realenzyklopädie. 3. Aufl. Wien 1895. — Féré, Traite élémentaire d'Anatomie médicale du système nerveaux. 2. Aufl. Paris 1891. — Brissaud, Anatomie du cerveau de l'homme. Atlas und Text. Paris 1893. — Van Gehuchten, Le système nerveux de l'homme. Louvain 1901. — Charpy, Système nerveux in: Poiriers Traitè d'Anatomie humaine. Paris 1894. — Kölliker, Handbuch d. Gewebelehre. Bd. II. 1896. — Bechterew, Die Leitungsbahnen usw. Leipzig 1898. — J. Dejerine und Mad. Dejerine-Klumpke, Anatomie des centres nerveux. Paris 1895—1901.

S. Ramon y Cajal: El systema nervioso del Hombre e de los Vertebrados. Madrid 1897/1902. Lewellys F. Barker: The nervous system. New-York 1899.

Die vollständigste kritische Übersicht über das ganze Zentralnervensystem bringt Ziehens: Handb. der Anatomie, die ausführlichste Beschreibung des feineren Aufbaues geben Köllikers und S. Ramon y Cajals Bücher, die genaueste Topographie dasjenige von Dejerine. Als Tafelwerke von besonderem Wert seien genannt: G. Retzius: Das Menschenhirn, Stockholm 1896, durch Abbildungen und Text weitaus das Vollkommenste, was wir über die makroskopische Anatomie besitzen, und C. Wernicke: Atlas des Gehirns. Breslau 1897; sowie Nebelthau: Schnitte durch das menschliche Gehirn. Wiesbaden 1898 und Marburg: Mikroskopisch-topographischer Atlas des menschlichen Zentralnervensystems. Wien 1904, welche z. T. sehr gute Abbildungen zahlreicher Schnitte in allen Richtungen geben.

Ziemlich vollständige Referate über alle Einzelarbeiten im Bereiche der Hirnanatomie bringen meine seit 1885 erscheinenden Jahresberichte in Schmidts Jahrbüchern der gesamten Medizin. Von dem regen wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiete zeugt die Angabe, daß von 1885—1902 nicht weniger als 2377 Studien zur Anatomie des Zentralnervensystemes in diesen Berichten erwähnt sind.

Zweite Vorlesung.

Grundbegriffe. Ganglienzelle und Nerv.

Die Bedeutung und Stellung des Zentralnervensystems der Wirbeltiere kann nur voll verstanden werden, wenn man seine Abstammung und seine Beziehungen zum peripheren Nervenapparat, auch zu den Sinnesorganen, einer Würdigung unterzieht.

Der Zentralapparat steht nämlich keineswegs so absolut isoliert, so durch morphologische und physiologische Unterschiede vom peripheren Apparat getrennt da, wie man es noch bis in die jüngste Zeit hinein vermutet hat.

Beiden gemeinsam ist bei Wirbellosen und Wirbeltieren die Abstammung von der Zellschicht, welche die Embryonalanlage überzieht, dem äußeren Keimblatt. Ein Teil dieser dünnen Lamelle senkt sich in länglicher Rinne in die Tiefe, um, allmählich sich abschließend, zu der röhrenförmigen Anlage des Zentralnervensystems zu werden, ein anderer dicht neben jener Rinne beiderseits liegender bildet die Anlage der Spinal- und Kopfganglien. Viele zerstreut liegende Stellen weisen Zellen auf, welche, auch beim ausgebildeten Tiere in den äußeren Bedeckungen liegen bleibend, Hautsinnesapparate bilden oder, sich mehr oder weniger in die Tiefe senkend, die Anlage anderer Sinnesorgane, des Gleichgewichtsapparates, des Riech- und Hörapparates bilden. Dieses relativ einfache Bild wird nun dadurch um ein weniges komplizierter, daß manche Anlagen, welche bei den Wirbellosen völlig in der Peripherie bleiben, bei Wirbeltieren dicht an den Zentralapparat sich legen und mit diesem verschmelzen; auch dadurch, daß, wenn einmal die Nervenrinne geschlossen ist, von ihr aus Zellkomplexe wieder hinaus in die Peripherie wandern, um da später als selbständige, zerstreute Nervenknoten weiter zu leben.

Die längliche Platte geschichteten Epitheles, welche zur Rinne eingebogen, die Anlage des Zentralnervensystems darstellt, heißt Mark-

platte. Schon sehr früh treten in ihr, wie jetzt für Vertreter aller Wirbeltierklassen nachgewiesen ist, Veränderungen auf, welche zur Bildung von verschiedenen Zellarten führen.

Anfänglich bilden sich aus dem Keimepithel wesentlich nur die Epithelien des zentralen Hohlraumes, wobei es zur Bildung von Zwischenstadien, großen runden, protaplasmareichen Zellen, den „Keimzellen" von His kommt, bald aber entwickeln sich aus diesen Zellen auch die Ganglienzellen. Sie bleiben natürlich nicht in der nächsten Umgebung des zentralen Hohlraumes liegen, wandern vielmehr weiter nach außen, so periphere Teile des Nervensystemes anlegend. Aus ihnen wächst später der Axenzylinderfortsatz aus, und noch später treten zahlreiche Nebenfortsätze am Zellkörper auf, die Zelle so zu einem multipolaren Gebilde stempelnd.

Es existiert nun noch eine Meinungsdifferenz darüber, ob die Keimzellen nur Ganglienzellen liefern (His) oder ob sie noch völlig indifferente Gebilde sind (Schaper), aus denen auch die Stützzellen des Nervensystems hervorgehen können. Jedenfalls werden nicht alle Zellabkömmlinge des Keimepithels zur Umkleidung des zentralen Hohlraumes oder zu Ganglienzellen verbraucht. Es entstehen durch Zellteilung sehr viel mehr neue Gebilde, und man kann erkennen, daß diese dann weiter und weiter vom Hohlraum abrücken, mit dessen Wand sie oft noch durch einen dünnen Faden zusammenhängen. Die Endausläufer dieser Zellen bilden, sich verzweigend, ein Netzwerk, welches beim Erwachsenen die ganze Substanz des Zentralnervensystems durchzieht, sich auch in bestimmten Zonen mehr als in anderen verdichtet. Diese Zellen, welche einen Teil des Gerüstwerkes herstellen, nennt His, ihr Entdecker, Spongioblasten, die unfertigen Ganglienzellen hat er als Neuroblasten bezeichnet.

Daß aus der Markplatte so zweierlei Zellen werden, das ist nur für die Wirbeltiere, hier allerdings für Vertreter aller Ordnungen nachgewiesen, bei den Wirbellosen entstehen jedenfalls die Ganglienzellen auch aus der Ektodermschicht; ob und wie weit bei jenen echte Stützsubstanz vorhanden ist, das ist noch nicht entschieden. Bei den niedersten Vertebraten ist bisher auch die netzförmige Stützsubstanz noch nicht gefunden worden.

Ist das Zentralnervensystem einmal über die ersten Entwicklungspunkte hinaus, so zeigen sich histologisch schon im wesentlichen die Verhältnisse, denen man im ausgebildeten Zustande begegnet.

Diesen wollen Sie nun für kurze Zeit Ihre Aufmerksamkeit schenken.

Das ganze Zentralorgan wird aufgebaut von der Gerüstsubstanz und der Nervensubstanz. Die erstere wird zunächst repräsentiert durch die Scheiden der zahlreichen Gefäße, welche als stärkeres Gerüst das Organ überall durchziehen, dann aber durch die Neuroglia.

Die Neuroglia besteht aus Zellen und einer ungeheuren Masse feiner Fädchen von recht verschiedenem Kaliber, welche das ganze Zentralorgan durchziehen und, indem sie unendlich viele Überkreuzungen

haben, ganz das Bild eines feinen Flechtwerkes darstellen. An manchen dieser Überkreuzungsstellen liegen dünne Zellplättchen den Fasern an. So entsteht der Anschein, daß die Gliafasern aus diesen Zellen — Deitersscheche Zellen — entspringen (*c* der Figur 4).

Das Netz der Neuroglia verhält sich an verschiedenen Stellen des Zentralnervensystems etwas verschieden und bildet hier und da dichte, zum Teil von Nervensubstanz ganz freie Anhäufungen; so überzieht namentlich eine breite Zone fast reiner Gerüstsubstanz die ganze Oberfläche von Gehirn und Rückenmark, erstreckt sich auch zapfenförmig in die einzelnen Wurzeln noch ein Stück hinein. Ebenso begegnet man an der inneren Oberfläche des Zentralnervensystems, dicht unter dem Epithel, das diese auskleidet, einer besonders reichen Entwicklung von Neuroglia. In der grauen Substanz ist das Flechtwerk teils dichter als in der weißen, teils weniger dicht. Größere Nervenzellen werden häufig so umsponnen, daß sie in einem engmaschigen Korbe zu liegen scheinen.

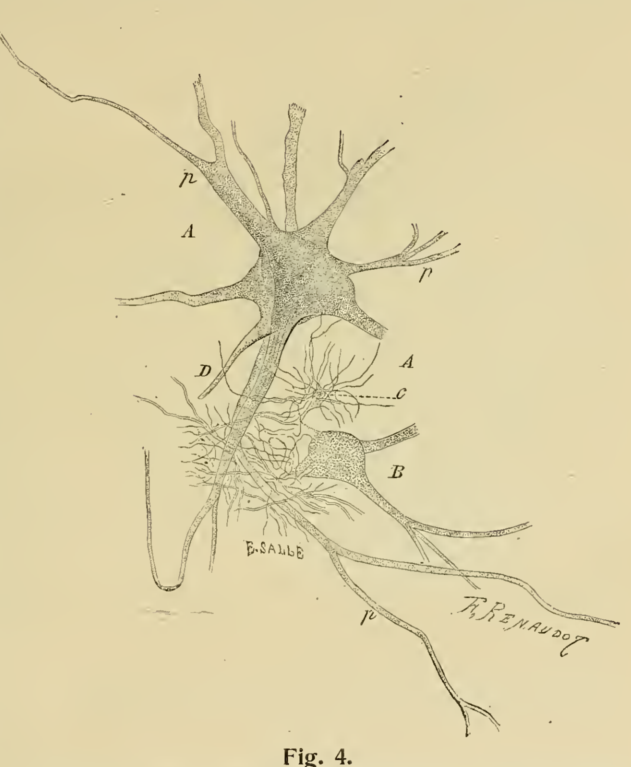


Fig. 4.

Nach Ranvier. Aus einem Rückenmarkstückchen. *A* und *B* Ganglienzellen, bei *D* Axenzylinder, *p* Protoplasmafortsätze, *C* Neurogliazellen.

Die Neurogliafaserung ist ein ganz eigenartiges Gewebe, das nur im zentralen Nervensysteme der höheren Vertebraten bis jetzt gefunden worden ist — nur der Sehnerv besitzt noch Glia — das sich durch seine Färbungsverhältnisse absolut von anderen Gewebsarten abgrenzen läßt, und sich auch bei pathologischen Prozessen in besonderer Weise verhält. Diesen faserigen Teil der Neuroglia kann man also vom Nervengewebe sicher abscheiden. Anders verhält es sich mit dem zelligen Teil. Es liegen überall im Nervensystem Zellen mit relativ großen Kernen und wenig Protoplasma, die sich beim Eintreteu pathologischer Prozesse anders verhalten als die Nervenzellen, die aber heute

an Schnitten normalen Gewebes nicht immer mit aller Sicherheit von Ganglienzellen geschieden werden können, nicht nur weil es noch an einer spezifischen Färbung fehlt, sondern auch weil die äußere Form, ja die zuweilen büschelförmigen Protoplasmaausläufer allerlei Übergänge zu zweifellosen Nervenzellen beseitigen. Es scheint viel leichter in erkranktem Gewebe zu sagen, was etwa Glia ist als in normalem.

Auf der Abbildung Figur 5 finden Sie einen Schnitt durch das Neuroglianetz der grauen Substanz beim erwachsenen Menschen, wie es sich durch die Weigertsche Färbung darstellen läßt. Wenn irgendwo im Zentralnervensysteme Nervensubstanz durch Erkrankung ausfällt, so wuchert immer Glia in die leer werdenden Stellen. Nur wo auch ihre Elemente, wie das bei Substanzdefekten ja vorkommt, mit zerstört worden sind, und wo ihre Wachstumstheorie allein nicht zur Ausfüllung großer Defekte genügt, hat die Ausfüllung mit Glia ihre Grenze (Weigert).

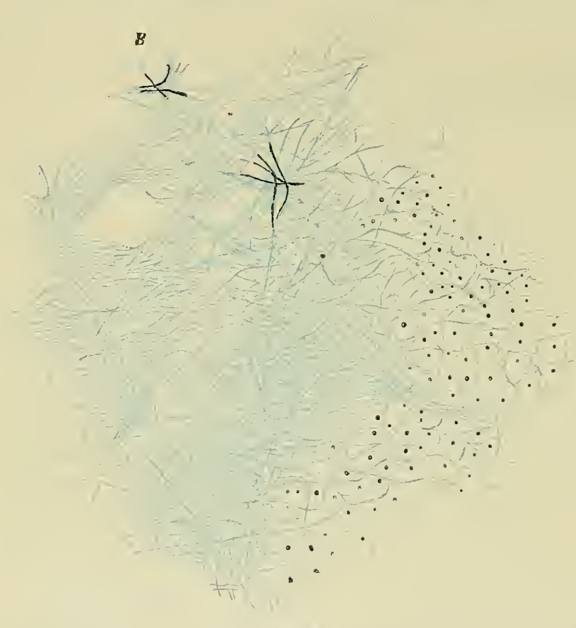


Fig. 5.

Neuroglia an der Grenze von weißer und grauer Substanz, nach einem Originalpräparat von C. Weigert. Neurogliafasern blau, Axenzylinder schwarz.

Zur Pathologie: Da ein gewisses Gleichgewicht zwischen allen Zellen des Tierkörpers bestehen muß, derart, daß nie ein hohler Raum auftritt, wenn die eine oder die andere Zelle ausfällt, so kann man weiter schließen, daß, wenn eine Zelle durch Erkrankung oder Erschöpfung schwächer wird, als die Zellen ihrer Umgebung, diese letzteren sie überwuchern werden. Zahlreiche Untersuchungen haben gelehrt, daß nie die Ganglienzellen wuchern, sondern immer die Neuroglia. Werden Ganglienzellen oder Nervenfasern geschädigt, so tritt immer Neuroglia an den frei werdenden Platz.

Wahrscheinlich bedeutet auch Überfunktion, Funktion mit ungenügendem Ersatz eine solche Schädigung. Wir wissen längst, daß Zerfall der Nerven auftritt, wenn sie zu stark in Anspruch genommen werden — Neuritis durch Überarbeit — und alles spricht dafür, daß es im zentralen Apparat nicht anders ist als im peripheren. Es wird also, wenn zentrale Zellen und Bahnen geschwächt oder geschädigt werden, Glia an ihre Stelle treten. Aus diesen Erwägungen entspringt eine Auffassungsweise vieler Rückenmark- und Gehirnkrankheiten, welche die Ersatztheorie oder Schädigungstheorie genannt werden kann.

Die meisten Symptome der Tabes, der Strangdegenerationen, der Friedreichschen Krankheit, der Paralyse, ebenso wie die anatomischen Befunde bei

diesen Krankheiten lassen sich am einfachsten deuten, wenn man annimmt, daß bei diesen Krankheiten das Nervengewebe weniger resistent gegen die funktionelle Inanspruchnahme ist und dieser erliegt. Für Tabes und Paralyse muß man ganz hypothetisch die Ursache der mangelnden Resistenz in der Lues und anderen bekannten Schädlichkeiten suchen, für die Friedreich-Ataxie aber ist nachgewiesen, daß es sich immer um Individuen handelte, die mit zu kleinem Rückenmarke auf die Welt gekommen, an dieses die normalen Anforderungen stellten. Dann müssen eben bestimmte Stränge usw. entarten. Sind nur einzelne Bahnen oder Nerven zu schwach, zu klein angelegt, dann müssen sie im Laufe des Lebens aufgebraucht werden. Auch dafür sprechen Krankheitsbilder: die primäre einfache und kombinierte Seitenstrangaffektion, der progressive Hörnervenschwund, die hereditäre Amaurose u. a. Alle sind familiären Charakters. Es ist auch bereits gelungen, durch schwere körperliche Inanspruchnahme bei Ratten Rückenmarkskrankheiten zu erzielen, die der Tabes nahe stehen. Diese traten besonders schnell auf, wenn man bei den Tieren durch Anämisierung die Ersatzmöglichkeit für das Verbrauchte geschädigt hatte.

Im wesentlichen bieten alle die erwähnten Krankheiten anatomisch das Bild von Gliawucherung an Stellen, wo sonst Nervengewebe liegt.

Eine eingehendere Darlegung dieser, wie mir scheint, klinisch wichtigen Dinge, kann ich Ihnen hier nicht geben, ich verweise Sie auf einen Aufsatz in Volkmanns Sammlung klin. Vorträge, Nr. 106, 1894, und auf ebensolche in dem Berichte des XVI. Kongresses für innere Medizin, Wiesbaden 1898.

Die Epithelzellen bleiben zum Teil als Umgrenzung des zentralen Hohlraumes des Nervensystems bestehen. Dann senden sie, bei allen niederen Wirbeltieren dauernd bis in das reife Leben, peripherwärts einen Ausläufer, der sich zumeist etwas verzweigt und erst an der Peripherie dicht unter der Pia sein Ende erreicht. Dort trifft man oft eigentümliche Anschwellungen der Zellenden, aus denen, ganz wie bei den Epithelien der Sinnesorgane, ein dünner Stift herausragt. Beim Menschen und den höheren Säugern scheinen in der postembryonalen Periode die Endausläufer der Epithelien nicht mehr überall bis an die Peripherie zu reichen. Das Epithel des Zentralnervenrohres trägt Flimmern.

Das eigentliche Nervengewebe, welches die Hohlräume des geschilderten Netzwerkes erfüllt, besteht aus Ganglienzellen, Nervenfibrillen und Nervenfasern.

Die Gestalt der **Ganglienzellen** ist eine außerordentlich verschiedene. Rundliche, fast kugelförmige Gebilde von geringer Größe mit spärlichen Fortsätzen, multipolare Organismen mit zahlreichen Ausläufern von der zwanzigfachen Größe jener kleinsten Zellen kommen vor. Im Lobus nervi vagi von Torpedo und im verlängerten Mark der Neunaugen liegen so enorme Ganglienzellen, daß man sie leicht mit bloßem Auge sieht; ja wir kennen im Rückenmark des elektrischen Aals, des Malapterurus, zwei isoliert liegende Ganglienzellen von solcher Größe, daß die mächtige einzige Nervenfaser, welche jede aussendet, genügt, um das ganze, sehr große elektrische Organ zu innervieren.

Nicht nur Größe und Aussehen der verschiedenen Ganglienzellarten sind verschiedene, es weisen Untersuchungen von Nissl ganz direkt darauf hin, daß auch ihre biologische Stellung keine einheitliche ist. Man kann, wie dieser um die ganze Lehre von der Ganglienzelle so wohlverdiente Forscher gezeigt hat, nachweisen, daß bestimmte Gifte nur bestimmte Zellarten schädigen, andere intakt lassen. Dieses Verhalten ist so typisch, daß man es geradezu zu einer Diagnose der einzelnen Zellarten benutzen kann. Für die Pharmakologie ist es noch nicht ausgenutzt.

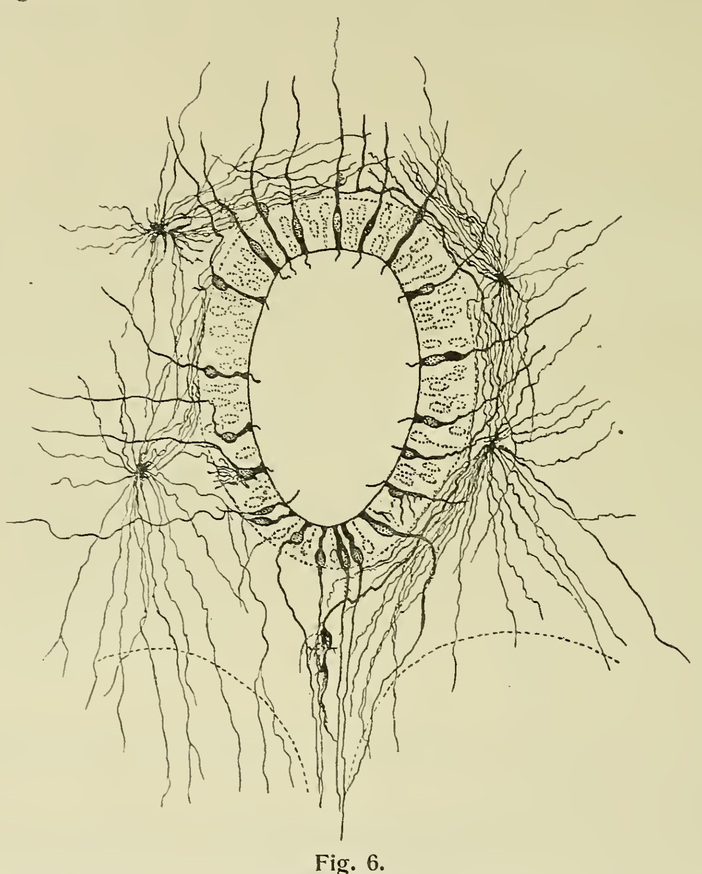


Fig. 6.

Epithelzellen und Neurogliazellen in der Umgebung des Zentralkanals. Schnitt durch das Rückenmark eines menschlichen Embryo von 23 cm Länge. Nach v. Lenhossék. Behandlung mit der Golgi-Cajalschen Methode. Man beachte, daß nur ein Teil der Zellen den Silberniederschlag angenommen hat. Das ist ein Vorteil des in der Einleitung erwähnten Verfahrens, weil es nur dadurch bei dem großen Faserreichtum möglich wird, das, was zu einzelnen Zellen gehört, richtig zu erkennen.

Über den feineren Bau der Ganglienzellen und ihrer Ausläufer haben wir erst näheres erfahren, seit es gelang, sie mit bestimmten Farben oder Metallsalzen zu imprägnieren, namentlich seit man weiß, daß Substanzen in den Zellen vorkommen, welche sich mit bestimmten Farbstoffen elektiv färben. Was ich Ihnen hier mitteile, ist nicht ein-

zelnen Färbungen entnommen, sondern mag Ihnen als das Fazit gelten, das man heute aus dem Resultate der verschiedenen Behandlungsmethoden ziehen kann. Je nach der technischen Behandlung der Präparate erhält man nämlich sehr verschieden aussehende Bilder von Ganglienzellen. In Figur 4 sind zwei Ganglienzellen abgebildet, wie sie sich nach Behandlung mit Karmin und Pikrokarmin darstellen. Figur 12 zeigt dann nach Golgi behandelte Zellen, an welchen der Silberniederschlag in einer früher unerreicht schönen Weise die Ausläufer erkennen läßt. Von der Struktur der Zelle ist aber nichts zu erblicken. Strukturbilder, wie sie namentlich bei Untersuchungen im Bereich der Pathologie wichtig sind, bekommt man nur auf anderen Wegen. Die drei stark vergrößerten Zellen auf Figur 7 zeigen, was bisher hier die mikroskopische Technik leistet. Viele Ganglienzellen führen Pigment von braungelber Farbe. In den beiden erwähnten Zellen ist seine Lage durch die schwarze Schraffierung angedeutet.

Das Protoplasma der Zelle selbst hat wahrscheinlich eine Struktur etwa wie ein Schaum, doch gibt es, wie überall, wo man einen größeren Zellleib bisher erforschen konnte, auch Ansichten, welche den Aufbau anders auffassen. Mitten in dem Schaum liegt der gut studierte Kern, und auch ein Zentrosoma ist für einige Zellarten nachgewiesen.

Natürlich hat man bei einer Zellart, welche so überaus wichtige und von der übrigen Zelltätigkeit so verschiedene Funktionen hat, mit besonderem Eifer und mit sorgfältigster Anwendung der mannigfachsten technischen Verfahren nach Besonderheiten gesucht, welche die Ganglienzellen charakterisieren. Bisher haben sich namentlich verschiedenartige gekörnte Einlagerungen von ganz charakteristischer Färbbarkeit nachweisen lassen.

In den Maschen, welche die Züge des Zellschaumes, das Spongioplasma, bilden, aber auch in ihren Knotenpunkten, liegen zahllose feinste, regelmäßige Körnchen. Sie erstrecken sich über alle Teile der Zelle und auch hinaus in den Axenzylinder, sowie in die Dendriten. Da, wo Zellausläufer enden, liegen sie besonders dicht. Held, der erste Untersucher dieser später viel bearbeiteten Körnung, hat sie als Neurosomen bezeichnet. Es hat sich später herausgestellt, daß es möglicherweise — das Verhalten zu Farbstoffen spricht dafür — mehrere Arten oder doch chemisch verschiedene Zustände dieser Körperchen gibt. Vielfach finden sich nach Held gerade da auf der Zelloberfläche Neurosomenanhäufungen, wo feine Nervenfäden aus der Peripherie an den Zellkörper herantreten, man hat den Eindruck, daß deren Neurosome sich über die Zelle ausbreiten, oder daß die Fädchen mit kleinen, aus Neurosomen bestehenden Platten, etwa gleich den Haftfüßchen der Kletterpflanzen, sich an den Körper und die Ausläufer der Ganglienzelle anlegen. So träte das durch die Neurosomen charakterisierte Plasma der einen Nervenzelle zu dem einer anderen in Beziehung.

Eine zweite Art von Körnern, durchweg gröberer Art und nicht in bestimmten Beziehungen nur Protoplasmastruktur, haben wir durch Nissl kennen gelernt. Über diese Zellkörnung, Nisslkörner, tigroide Substanz hat man sie genannt, haben des genannten Gelehrten seit 1879 fortgesetzte Studien zu sehr wichtigen und bereits für Physiologie

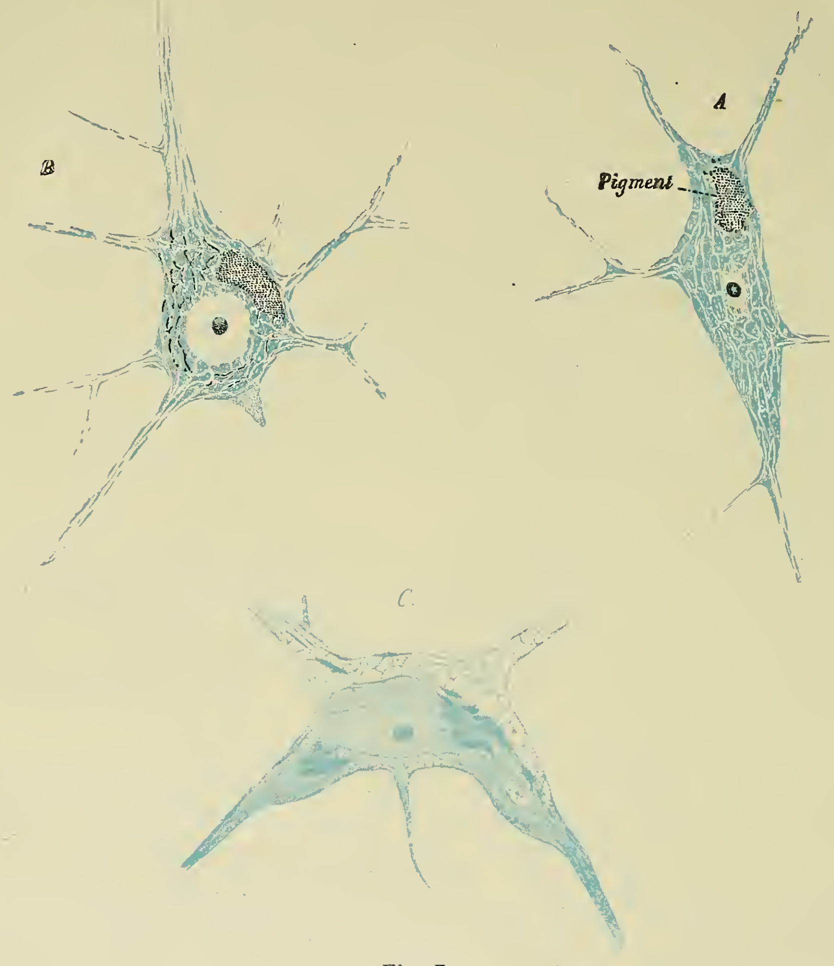


Fig. 7.

Drei verschiedene Typen von Ganglienzellen. Färbung der tingierbaren Substanzen. Originalzeichnungen von Nissl. *A* und *B* stammen aus dem Vorderhorne des menschlichen Rückenmarkes, *C* aus einem Kerne der Oblongata. Solche Typen unterscheidet Nissl je nach Färbbarkeit und Anordnung der Granula eine ganze Reihe. Außerdem hat jeder Typ noch verschiedene Erscheinungsweisen.

und Pathologie verwertbaren Resultaten geführt. Im Zellleib aller Nervenzellen trifft man nach Fixierung in Alkohol Substanzen, die sich mit Farbbasen tingieren, und solche, die damit nicht färbbar sind. Erstere treten in verschiedenen Zellen, ja wahrscheinlich in verschiedenen Zuständen der gleichen Zelle, in verschiedenen Anord-

nungen auf. Auch existieren bedeutende Unterschiede in der Färbbarkeit. Man begegnet da Körnchen, Fäden und Spindeln, sowie noch mancherlei anderen regelmäßigen und unregelmäßigen gefärbten Gebilden, von denen nur einige durch Lage und Form heute schon besser charakterisiert sind (Kernkappen, Verzweigungskegel usw.). Diese Anordnungen können so verschieden sein, daß Nissl innerhalb des Begriffes „Ganglienzelle“ eine große Anzahl verschiedener Zellarten abscheiden konnte. Auch innerhalb des Kernes sollen nach diesem Autor bestimmte Differenzen vorkommen, die er denn auch bei der Zellunterscheidung mit benutzt.

Trifft irgend eine Schädigung die Ganglienzelle, sei es dass ein Gift eingreift, oder daß die Funktion eine übermäßige ist, oder daß der Axenzylinder abgetrennt wird, oder die Blutzufuhr behindert wird, immer entstehen innerhalb der färbbaren Substanz Veränderungen, die bei intensiver Schädigung zu fast völligem Verschwinden derselben führen können. Aber es ist, bleibt nur der Kern ungeschädigt, Restitutio ad integrum wieder möglich.

Das Studium dieser Zellveränderungen ist, wie Sie leicht einsehen, von der allergrößten Wichtigkeit. Eröffnet es uns doch endlich einen Einblick in die feineren Vorgänge während der Funktion selbst.

Man hat in den letzten Jahren nicht nur die Zellveränderungen untersucht, welche durch pathologische Prozesse oder auch durch experimentelle Eingriffe gesetzt werden, sondern man ist auch dazu übergegangen, direkt den Einfluß der Zellfunktion auf das Strukturbild zu erforschen. In mancherlei Punkten widersprechen sich die bisher erlangten Resultate. Nur in einem scheint Übereinstimmung zu herrschen. Bei der funktionellen Inanspruchnahme der Nervenzellen scheinen die sich besonders intensiv färbenden Zellsubstanzen, diejenigen, welche durch ihre Anordnung der Zellzeichnung das Charakteristische geben, abzunehmen, und die Zellen lichten sich dadurch. Solche intensiv färbbare Substanzen sind zwar noch nicht in allen Zellen gefunden, aber was ich Ihnen da mitteilte, hat sich in mannigfachen Versuchen gezeigt. Es war an den Rückenmarkszellen von Hunden zu konstatieren, die Mann durch Treppenlaufen ermüdet hatte, und an den Rindenzellen der ermüdeten Sehsphäre bei Tieren, deren eines Auge von ihm intensiver Belichtung ausgesetzt war. Es hat sich auch an den großen Rückenmarkszellen von Hunden gezeigt, bei denen F. Pick durch Rindenreizung Beinkrämpfe erzeugt hatte.

Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daß diese sich intensiv färbenden Zellsubstanzen aus einem Materiale bestehen, welches direkt der Zellfunktion dient und durch dieselbe aufgebraucht wird. Der schlüssige Beweis ist aber erst von G. M. Holmes erbracht worden. Dieser hat Frösche mit Strychnin vergiftet und den krampfenden Tieren durch Kochsalzausspülung des Körpers immer wieder die Verbrauchsprodukte zu entziehen versucht. Dann verarmen die Ganglienzellen

vollständig an färbbarer Substanz. Man kann alle Zwischenstadien finden, wenn man genügend früh den Versuch abbricht. Setzt man aber die schwer vergifteten Tiere in Eiswasser, wo alle Krämpfe ausbleiben, so ändert sich trotz des kreisenden Strychnines die Zellstruktur nicht. Das Krampfen, die Tätigkeit allein, verbraucht die in den Zellen eingeschlossenen Körner.

Daß die „Nisslkörner" mit der eigentlichen Nervenleitung nichts zu tun haben, dafür haben sich so vielerlei Anhaltspunkte ergeben, daß man seit langem und eifrigst nach einer morphologischen Unterlage für jene gesucht hat. Vor Jahren hatte Max Schultze behauptet, daß innerhalb der großen Ganglienzellen zahllose feine Fäserchen einherzögen, welche sich in die Fibrillen des Axenzylinders fortsetzten. Diese intrazellulären Fibrillen sind dann in den letzten Jahren von vielen Autoren wieder gesehen worden, aber ihre Bedeutung konnte man nicht voll erfassen, so lange sie nur da und dort und immer nur in kleinen Stückchen sichtbar wurden. Ja von vielen tüchtigen Forschern ist die Präexistenz der Fibrillen sehr bestritten worden. Da gelang es Apáthy, eine Methode zu finden, welche spezifisch die Fibrillen färbt, aus denen der Axenzylinder jeder Nervenfaser zusammengesetzt ist. Er konnte zeigen, wie diese Fibrillen in die Zelle eintreten und da, je nach der Tierart oder der Zellart, sich verschieden verhalten. Namentlich bilden viele Fibrillenbündel bei Würmern intrazelluläre Plexus. Apáthy hat dann in einer späteren Arbeit die Fibrillen bei Evertebraten genauer studiert und überall ihr Vorkommen und Verhalten gesichert. Er hat sie auch bei einigen Vertebraten gesehen. Später hat direkt im Anschluß an die Apáthyschen Studien, aber mit verbesserter Technik, Bethe die Fibrillen in den Ganglienzellen der Vertebraten elektiv dargestellt. Sie liegen genau in den Lücken, welche die gefärbte Substanz in den Zellen frei läßt.

Ich lege Ihnen hier nun die Abbildungen zweier von Bethe mit allen ihren Fibrillen gefärbten Zellen vor.

An der einen Zelle, welche aus der Hirnrinde stammt, sehen Sie die Fibrillen durch alle Fortsätze, welche der Zellleib zeigt, eintreten, resp. die Zelle verlassen. Sie sehen, daß ein Teil der aus der Zelle heraustretenden Fibrillen sich zunächst ungemein dicht aneinander legt, um dann wieder einen etwas breiteren Raum einzunehmen. Das findet man fast regelmäßig an einem der Zellfortsätze. Es ist der später zu erwähnende Axenzylinder.

Komplizierter verhalten sich die Fibrillen in der zweiten Zellart, einer motorischen Vorderhornzelle, sie splittern nämlich da zu mannigfach gewundenen Bahnen auf, deren Beziehungen zu den einzelnen Ausläufern noch nicht ganz geklärt sind. Eines aber ließ sich bisher immer feststellen: Die Fibrillen enden nicht in der Ganglienzelle, sie erfahren in dieser nur eine Umlagerung und kommen in ihr mit den

vorerwähnten durch Funktion oder Erkrankung verschwindenden Stoffen irgendwie in Beziehung.

Außer von Ganglienzellen, Neuroglia und Nervenfasern wird die graue Substanz vielleicht noch aufgebaut von den mannigfachen Aufzweigungen, welche die in sie aus Nervenfasern und aus Ganglienzellen eintretenden Nervenfibrillen bilden.

Für die Vertebraten ist der Anteil gerade dieses Bestandteiles des zentralen Graues noch recht unbekannt, wir vermuten nur, daß er existiert, Mehr wissen wir über denselben bei den Wirbellosen, wo er durch ältere Studien von Leydig, Haller u. a. wahrscheinlich gemacht, neuerdings von Apáthy direkt demonstriert worden ist. Dieser hat gezeigt, daß die außerordentlich feinen Netzwerke, die bei den Wirbellosen

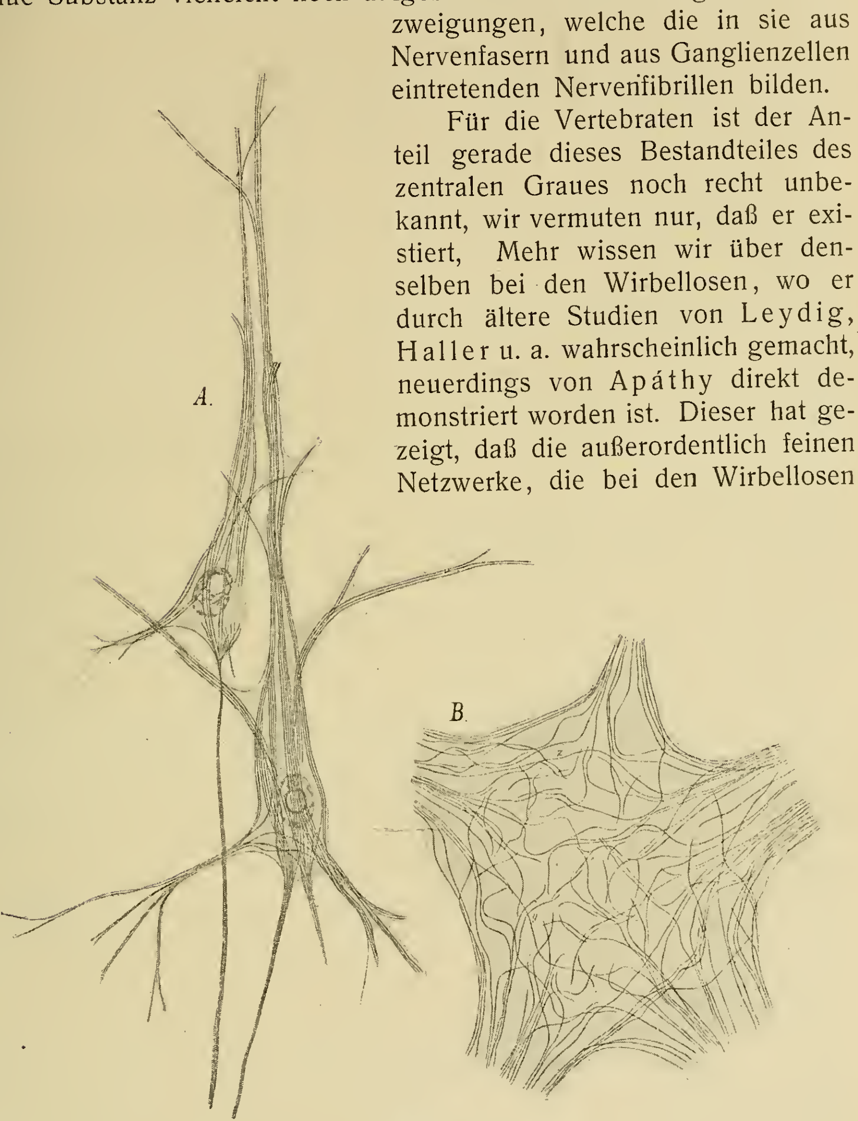


Fig. 8.

Fibrillen in Ganglienzellen. *A.* in großen Zellen des Gyrus centralis der Hirnrinde *B.* Motorische Zelle aus dem Lendenmarke. Beide Zellen vom Menschen. Nach Bethe.

das Zentralorgan überall durchziehen, ganz aus gleichstarken Fäserchen zusammengesetzt sind. Er nennt sie Elementarfibrillen, weil sie durch Spaltung der aus den einzelnen Zellen heraustretenden Fibrillen entstehen.

R. Wagner hat zuerst gezeigt, daß aus vielen Ganglienzellen nur ein Fortsatz direkt bis in den Nerv hinein verfolgt werden kann, und andere Forscher haben das bestätigt. Diesen Fortsatz bezeichnet man als „Neurit“, auch als „Axenzylinderfortsatz“, oder als „Axon“. Was aus den Axenzylindern wird, welche nicht in Nerven gehen, welche Rolle die anderen Fortsätze der Zelle, die „Protoplasmafortsätze“ oder „Dendriten“ spielen, das blieb ganz dunkel, bis Gerlach 1870 angab, alle jene Fortsätze bildeten untereinander ein Netz, und diesem entstammten dann wieder Nervenfasern.

Im Laufe der letzten Jahre haben unsere Kenntnisse hier eine ganz ungeahnt große Erweiterung erfahren. Ermöglicht wurde diese durch die Fortschritte der histologischen und der farbenphysiologischen Technik. Es ist zuerst Bellonci durch Osmiumfärbungen, dann in noch überzeugenderer Weise Golgi durch Behandlung der Zellen mit Sublimat- oder auch mit Silberniederschlägen gelungen, nachzuweisen, daß aus einigen Zellen die Axenzylinder direkt in Nervenfasern übergehen, daß aus anderen Zellen aber Axenzylinder stammen, welche sich zu einem Netz verzweigen. An der Bildung dieses Netzes sollen auch Seitenzweige der Axenzylinder teilnehmen, welche von den Zellen des erst geschilderten Typus stammen. Aus dem Nervennetz gingen dann, meinte Golgi, wieder Nervenfasern hervor. Es gäbe also eine doppelte Ursprungsart von Nervenfasern: eine direkte, und eine erst durch ein Netz vermittelte. Die Dendritenfortsätze der Zellen sollten mit der Bildung von Nervenfasern nichts zu tun haben. Ihnen falle vielmehr vielleicht eine ernährende Rolle zu.

Was Golgi aus zahlreichen, zum Teil sehr komplizierten Bildern von der Hirnrinde und dem Rückenmarke des Menschen und der Säuger geschlossen hatte, das hat B. Haller, welcher an den Ganglien von Mollusken und Würmern arbeitete, wo die histologischen Verhältnisse sehr übersichtlich sind, direkt zu sehen vermocht. Nach seiner Ansicht stammt aber jenes Netz aus den unter sich wesentlich gleichwertigen Zellfortsätzen. Durch diese Arbeiten, ebenso durch Studien von Nansen u. a. schien der Nachweis erbracht, daß es eine doppelte Ursprungsart von Nervenfasern, eine direkte und eine durch jenes Netz vermittelte, gebe.

Aber es hat sich bald gezeigt, daß diese schönen Funde nur den Weg zu anderen, viel weiter tragenden eröffnet hatten. Ein spanischer Gelehrter, S. Ramon y Cajal, der mit der Golgischen Silbermethode arbeitete, hat in rascher Folge eine Anzahl von Arbeiten veröffentlicht, deren Resultate, durch Kölliker, van Gehuchten, Waldeyer, Lenhossék u. a. kontrolliert und erweitert, uns zu einer Anschauung vom Aufbau des Nervensystems geführt haben, welche sich vielfach als anregend und erklärend erwiesen hat.

Die Golgimethode hat die merkwürdige Eigenschaft, daß sie fast immer die Zellen mit den zugehörigen Ausläufern isoliert färbt. Man

kann oft in Schnitten, die sonst fast gar nicht imprägniert sind, eine einzelne Zelle bis in ihre allerfeinsten Verzweigungen hinein geschwärzt finden. Fast niemals sieht man die Ausläufer einer Zelle mit denjenigen einer anderen direkt zusammenhängen. Auch in Präparaten, die mit der vitalen Methylenblaumethode hergestellt sind, erscheinen die Zellen mit ihren Ausläufern von benachbarten Zellen mehr oder weniger deutlich isoliert. Diese anatomischen Beobachtungen führten zu dem Schluß, daß jede Zelle mit ihren Ausläufern ein Ganzes bildet, das für sich dasteht und nur durch Kontakt mit benachbarten Fasern und Zellen zusammenhängt.

Diese Einheit, welche zuerst von S. Ramon y Cajal konzipiert wurde, nannte Waldeyer, alle bis dahin bekannten Studien zusammenfassend, ein **Neuron**. Er konnte dabei sich auch auf entwicklungsgeschichtliche Arbeiten von His stützen, den seine Studien zu gleicher Anschauung geführt hatten. Vielleicht hätte die **Neurontheorie**, wie diese Auffassungsart bald genannt wurde, gar nicht so schnell und so intensiv die Anschauungen fast aller Forscher beeinflußt, wenn ihr nicht von ganz anderer Seite her mächtige Stützen geworden wären. Die Erfahrungen der experimentellen Pathologie und der pathologischen Anatomie lehren überall, daß, wenn eine Ganglienzelle erkrankt oder verletzt wird, die Veränderungen sich zunächst nicht weiter fortpflanzen, als die Fortsätze eben jener Zelle reichen. Namentlich ließ sich das an den Axenzylindern der peripheren Nerven nachweisen, deren oft viele Zentimeter langer Verlauf sehr wohl studiert werden kann. Sie sind in ihrem Bestande durchaus von dem Zusammenhange mit einer normalen Zelle abhängig. Forel, welcher sehr vielfach derartige Entartungen nach experimentell gesetzten Verletzungen am Nervensystem auftreten sah, zog deshalb den gleichen Schluß, zu welchem die Anatomen gekommen waren, den Schluß, daß jede Zelle mit ihrem Ausläufersystem ein in gewisser Art selbständiger Organismus sei. Er und Monakow, der dann jene Studien speziell ausbaute, kamen also aus Gründen, welche ihnen die Pathologie bot, ebenfalls auf die Neurontheorie. Eine Wechselwirkung mit den gleichzeitigen anatomischen Entdeckungen fand natürlich statt.

Allmählich bildete sich bei der Mehrzahl derjenigen, welche sich mit dem Aufbau des Nervensystems beschäftigten, die Ansicht aus, daß das Nervensystem aufgebaut sei aus übereinander geschichteten Neuronen, in der Art etwa, daß die Ausläufer einer Zelle sich nach kürzerem oder längerem Verlaufe irgendwie an den Körper oder die Ausläufer einer anderen Zelle anlegten. Man dachte sich die gesamte Nervenleitung zusammengesetzt aus Neuronen erster, zweiter, dritter usw. Ordnung.

Es ist gar kein Zweifel, daß die Neurontheorie in anatomischen und in pathologischen Dingen außerordentlich anregend und fruchtbringend gewirkt hat; erklärt sie doch mancherlei bis dahin unklare

Vorgänge und läßt sie doch auch den bisher so verwickelt erscheinenden Bau des Nervensystems viel einfacher erscheinen.

Was im Laufe der nächsten Jahre von anatomischer Seite beigebracht wurde, ließ sich recht wohl mit der Neurontheorie vereinigen.

Aber diese ganze Anschauungsweise ist doch noch nicht allgemein akzeptiert.

Die Neurontheorie legt den Akzent auf die Einheit der Nervenzelle und ihrer Ausläufer. Daß eine solche Einheit existiert, mindestens im biologischen Sinne existiert, ist nicht mehr zu bestreiten. Es gibt doch allzuviele Erfahrungen, die im Gebiete der Pathologie gesammelt sind, Erfahrungen, welche gar nicht anders erklärbar sind, als durch die Annahme, daß jede Nervenzelle mit allen ihren Ausläufern ein selbständiger Organismus ist, der isoliert zur Erkrankung, isoliert zum Schwund gebracht werden kann. Ja längst, ehe man den Begriff des Neuron gemünzt hatte, war dieser Begriff der biologischen Einheit jeder Zelle von der pathologischen Anatomie konzipiert worden.

Eine Frage aber, die noch nicht mit aller Sicherheit gelöst scheint, ist die, ob die einzelnen Neurone wirklich immer anatomisch isoliert existieren, ob nicht doch durch die Fibrillen wirkliche Verbindungen zwischen je zwei Neuronen geschaffen werden. Wir wissen durch gute Beobachter, daß Anastomosen zwischen Ganglienzellen vorkommen können, und haben durch Apáthy erfahren, daß innerhalb solcher Anastomosen, bei Würmern wenigstens, Fibrillen aus einer Zelle in eine andere eintreten können.

Gegenüber den zahlreichen Beobachtungen über die Existenz von wirklich freier Endigung der einzelnen Zellausläufer könnte man solche Verhältnisse als ungewöhnliche ansehen und müßte nicht gerade die sonst so wohl gestützte Auffassungsweise aufgeben. Es ist aber auch das Vorkommen von Zellverbindungen im Rahmen der Neurontheorie wohl erklärbar, wenn man, gestützt auf die Erfahrung der Pathologen annimmt, daß, einerlei ob die Verbindung zwischen zwei Neuronen eine direkte oder eine solche durch Kontakt oder durch Verwachsung ist, doch immer der Einfluß einer einzelnen Zelle sich nur auf eine gewisse Strecke der von ihr ausgehenden Faserung erstreckt, daß die Zelle und dieser Faseranteil eine biologische Einheit bilden. Der biologische Einfluß des Zellkernes einerseits, die durch die Nisslkörner gebotene Kraftquelle andererseits, wären die Träger dieser Einheit, der als leitende Elemente die Fibrillen gegenüberstehen.

Es ist aber auch eine Auffassung des Nervensystems möglich, die auf die Fibrillen gegründet, ganz von der prinzipiellen Bedeutung der Ganglienzellen absieht.

Apáthy hat die Hypothese aufgestellt, daß das Wesentliche des Nervensystems nur durch das Fibrillenwerk dargestellt sei, das ohne Unterbrechung, als ein aus vielfach sich überkreuzenden, durchflechtenden Fasern, spezifischer Natur, aufgebautes System den

ganzen Körper durchziehe. Irgend welche Einheiten, Neurone, existierten nicht; in den Ganglienzellen liegen die Durchflechtungs- und Austauschstellen der Fibrillen, außerdem in einem zunächst nur für die Wirbellosen sicher nachgewiesenen extraganglionären dichten Netzwerke. Seine Auffassung wird von Bethe und Nissl geteilt, die sie vielfach durch eigene Arbeit zu stützen versuchten.

Sowohl die Anhänger der Neurontheorie, als deren Gegner haben aus naheliegenden Gründen besonders genau das Verhalten der Ganglienzelle zu den Nervenfädchen untersucht, welche an sie herantreten, sie umspinnen, in sie gelegentlich einzutreten scheinen. Liegt nur ein Kontakt vor? Verschmelzen Fasern und Zellen? Treten Fibrillen aus den Ganglienzellen aus in ein Flechtwerk, dem wieder Nervenfasern entstammen? Das sind die Hauptfragen, deren Beantwortung versucht wird. Ich will Ihnen nur das wichtigste von dem wirklich Bekannten mitteilen, nicht weil dadurch ein abgeschlossenes Bild entstände, das Ihnen das Problem gelöst zeigt, sondern weil eine solche kurze Übersicht Sie befähigen soll, mit Verständnis den Diskussionen zu folgen, welche gerade jetzt mit besonderem und erklärlichem Eifer geführt werden.

Sorgfältige Vergoldungen, Versilberungen der Zellen, vitale Methylenblaufärbungen, ja Untersuchungen an ganz frischen ungefärbten Zellen, alle lehren, daß sich um die Ganglienzelle zahlreiche, nicht aus ihr stammende Fäserchen verzweigen, die in mannigfacher aber noch nicht ganz geklärter Weise zu ihren Fibrillen, sicher zu ihrem Zellleib in Beziehung treten. Nach den Untersuchungen von S. Ramon y Cajal schien es zunächst, als handelte es sich um einfache Aufpinselungen von Achsenzylindern um Zellen, dann wurde bald von dem gleichen Autor entdeckt, daß vielfach echte, reiche Körbe von Fasern da und dort Zellleib und erste Ausläufer umflechten und weitere Untersuchungen ergaben — Held, Semi Meyer — daß vielfach die Zellen und ihre Ausläufer in becherförmigen Körben liegen, die mit mannigfachen Verbreiterungen ihrer Fasern sich an die Zelle anlegen. Speziell Held zeigte, wie diese Verbreiterungen aus den von ihm beschriebenen Körnern, den Neurosomen, bestehen, die feinen Blättchen gleich, überall den Leib und die Ausläufer der Zelle bedecken, zu denen sie im feinen Faden herangetreten sind. Golgi hat gefunden, daß an sehr vielen Stellen des Zentralorganes die Zellen von einem überaus engmaschigen Netze bedeckt sind, das sich auch auf ihre Ausläufer erstreckt. Er läßt es offen, ob dieses Netz mit den erwähnten umspinnenden Fasern identisch, also nervöser Natur ist; Bethe aber, dem die Färbung dieses Netzes mit den gleichen Methoden gelang, welche für Fibrillenfärbung spezifisch sind, meint, daß alle diese Umflechtungen dem Fibrillensystem angehören. Bethe bildet auch feine Axenzylinder ab, welche in das Golginetz übergehen.

Die Strukturen, die hier noch zu klären sind, sind zweifellos sehr komplizierter Art und ihr Studium wird dadurch natürlich noch wesentlich er-

schwert, daß wir das meiste nur an mit Metallsalzen behandelten, also zweifellos sehr entstellten Präparaten studieren müssen. Dazu kommt, daß wir sicher wissen, daß vielfach die Netze, welche um eine Zelle herumliegen, an sich schon aus mehreren Achsenzylindern, vielleicht ganz verschiedener Natur, stammen, daß an einer und derselben Zelle verschiedenartige Anlagerungen stattfinden können. Dann haben wir aber in den letzten Jahren noch durch Golgi erfahren, daß nicht nur außen um die Zellen sich derartige Flecht- und Netzwerke erstrecken, sondern daß auch im Inneren der Ganglienzellen, oder doch einiger bisher untersuchter Arten, noch zentraler und peripherer gelegene Netzbildungen vorkommen. Manchmal läßt sich ganz deutlich ein um den Kern



Fig. 9.

Nach Veratti. Zellen des Trapezkörpers der Katze. Verschiedene Formen umflechtender Fasern.

herumliegendes Flechtwerk von einem solchen scheiden, das dicht unter der Zelloberfläche in das Protoplasma eingebettet liegt. Man hat den Vorgang, welcher bei der Aktion des Nervensystems sich abspielt, oft mit dem elektrischen Vorgange verglichen. Bei dem letzteren macht es für das Potentialgefälle einen sehr großen Unterschied, ob die Ladung, welche von einem aufgepinselten Drahte auf eine Kugel etwa zu übertragen wäre, diese nur mittels feiner Spitzen, oder mittels eines umhüllenden feinen Netzes oder mittels großer Endplatten, die an den Draht gelötet sind, erreicht. Alle diese Verhältnisse finden sich anatomisch an und um die Ganglienzellen gegeben. Sie sehen z. B. auf Figur 9 wie sich um die Zellen des Trapezkörpers, eines zum akustischen Apparate gehörigen Systemes, breitgefächerte Becher und ein feiner Nervenplexus legen, beide verschiedenen Nervenfädchen entstammend.

Über die Ernährung der Ganglienzellen wissen wir wenig. Alle liegen in sehr enge Kapillarschlingen eingeschlossen und in ganz große Zellen dringen manchmal Kapillare ein. Dann hat neuerdings Holmgren gezeigt, daß aus den Lymphräumen, welche alle Zellen umgeben, in ihr Inneres feine Spalten eindringen, welche als gewundene Kanälchen in vielerlei Zellen bereits gefunden worden sind.

Die Nervenfasern im Gehirn und Rückenmark sind von sehr wechselnder Breite und bei reifen Säugern wahrscheinlich alle mit Markscheiden umgeben.

Jede Nervenfaser verliert da, wo sie in das Zentralorgan eintritt, ihre Schwannsche Scheide. Nur eine dünne, zuerst von Ranvier

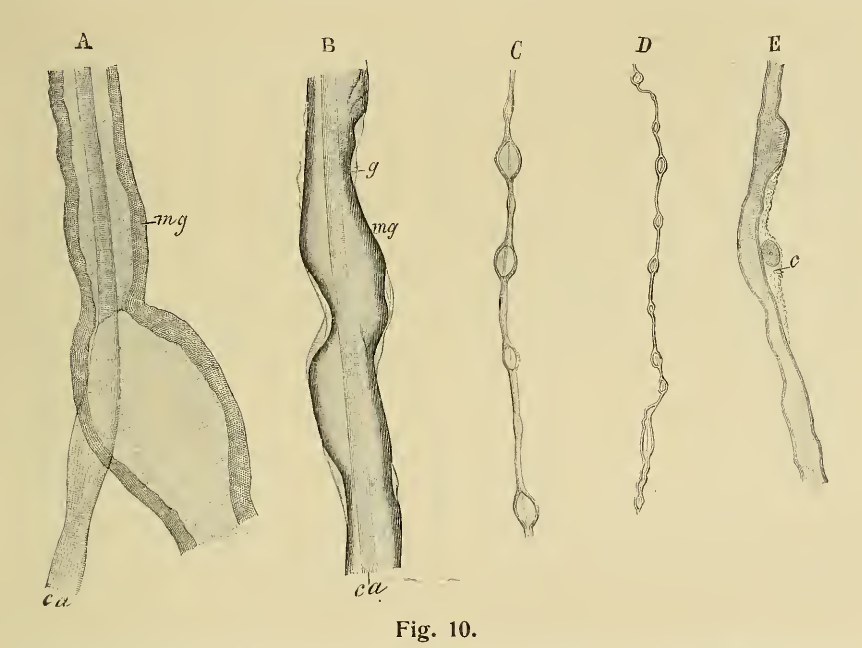


Fig. 10.

Nach Ranvier. Verschiedene Nervenfasern isoliert aus dem Rückenmarke des Hundes; *ca* Achsenzylinder, *mg* Markscheide, *g* peripherische Hülle, *c* Kern und Protoplasma an der Oberfläche einiger weniger Fasern zu sehen.

gesehene, schon im peripheren Nerven vorhandene Schicht bedeckt innerhalb des Gehirnes und Rückenmarkes das Nervenmark.

Die Entwicklung der Markscheide an den zentralen Nervenfasern bietet, wie Sie schon aus der einleitenden Vorlesung wissen, ein ganz besonderes anatomisches Interesse. Die Markscheiden der verschiedenen Faserzüge entwickeln sich zu verschiedenen Zeiten. Darauf ist ja das Flechsigsche Verfahren zur Ermittlung der einzelnen Faserstränge gegründet. Aber die Markscheidenentwicklung hat noch ein, wie mir scheint, größeres Interesse nach einer anderen Seite. Es scheint nämlich, als erfolge sie in irgendeinem Zusammenhang mit der Ingebrauchnahme einer Bahn. Zuerst von allen Bahnen ent-

wickeln sich im Rückenmarke diejenigen, welche Eindrücke von der Haut und den Muskeln zuleiten, die Dorsalwurzelkomplexe und mit ihnen die Antwortapparate für den Reiz, der zentrale Reflexapparat und die Vorderwurzeln. Viele Wurzelanteile sind übrigens noch in den ersten Lebensmonaten marklos. Erst sehr allmählich treten dann die Markumhüllungen in denjenigen Bahnen ein, welche den Eigenapparat des Rückenmarkes mit höheren Zentren verbinden. Die Züge, welche in den mächtigen, phylogenetisch erst sehr spät erworbenen Assoziationsapparat des Großhirnes treten, sind oft bei der Geburt noch marklos.

Wird ein Kind zu früh geboren, so kann es kommen, daß Bündel, welche in der entsprechenden Fötalperiode noch ohne Mark sind, sich schnell mit solchen umhüllen. Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Versuche, welche Held angestellt hat. Wurden neugeborene Tiere mit einseitig geöffneter Lidspalte dem Tageslicht ausgesetzt, so reifte das Mark in dem belichteten Optikus schneller, als in dem dunkel gehaltenen. Die Reifung ging vom Zentrum nach der Peripherie. Die markhaltigen Fasern in der Kaninchenretina, welche beim Neugeborenen noch nicht weiß sind, können nach v. Hippel durch vorzeitiges Öffnen der verklebten Lider zu einer Frühreife gebracht werden. Die Funktion ist aber nicht das einzige Element, welches die Markreifung herbeiführt, denn auch, wenn man die Lider ganz vernäht, Berger, entwickeln sich doch allmählich Markscheiden in den Sehnerven und in den ersten Endstätten dieser Nerven im Gehirn. Auch sonst können wir beobachten, daß Nerven, welche nie recht in Funktion getreten sind, sich doch allmählich mit Markscheiden umgeben. Es hat sich durch Vererbung wohl längst in den Nerven die Tendenz zur Reifung ausgebildet. Daneben erkennen wir aus dem zweifellosen Einfluß der Funktion, welche Rolle diese bei der phylogenetischen Entwicklung gespielt haben muß und welche sie in der Ontogenese noch spielt.

Wir besitzen auch im nachembryonalen Leben noch sehr viele unausgebildete Nervenbahnen, besonders in unserem Großhirne. In dessen Rinde legen sich bis in das späte mittlere Lebensalter immer noch neue markhaltige Bahnen an. Das Verhalten der Markscheidenentwicklung läßt es nun sehr wahrscheinlich erscheinen, daß wir uns diese neuen Bahnen durch Übung selbst schaffen. Vielleicht beruht unser ganzes Erziehen darauf, daß wir durch Übung neue Bahnen gebrauchsfähig machen. Auch in der Pathologie spricht verschiedenes durchaus dafür, daß die Funktion die Markscheidenbildung fördert. Ich will nur einen hübschen Versuch erwähnen, den Mott angestellt hat. Schneidet man die sensiblen Wurzeln am Halsmarke eines Affen durch, so wird nicht nur die Empfindung in dem Arme vernichtet, sondern es hören auch alle Bewegungen in ihm auf. Durchtrennt man nun bei einem solchen Tiere beide Ulnares, so erkennt man, daß auf der nicht bewegten Seite die

Heilung, eine Neubildung von Nerv und Scheide, sehr viel langsamer eintritt, als auf der Seite, welche das Tier benutzen konnte.

Im allgemeinen erscheinen die Teile, welche wesentlich nur aus markhaltigen Nervenfasern bestehen, weiß (weiße Substanz), diejenigen, in welchen die Neuroglia, die Ganglienzellen und Axenzylinder vorherrschen, grau (graue Substanz). Die graue Substanz ist gefäßreicher als die weiße.

Die ersten genaueren Kenntnisse von der Gewebelehre des Zentralnervensystems verdanken wir, wie schon in der ersten Vorlesung erwähnt wurde, Ehrenberg, Remak und Hannover. Nach Hannover hat dann Helmholtz 1842 zuerst bei Wirbellosen die Beziehungen von Nervenfaser und Ganglienzelle zu einander richtig gesehen, 1844 entdeckte Kölliker, daß aus einer Zelle eine doppelkontourierte Faser stammen könne. Daß aus den Ganglienzellen zweierlei Fortsätze entspringen, von denen nur einer, der Achsenzylinderfortsatz, in den Nerven gelangt, hat 1850 Rudolf Wagner am elektrischen Organ des Zitterrochen gefunden, und Remak hat es 1854 für die großen Ganglienzellen des Rückenmarkes bestätigt. Daß hier ein allgemein für die Ganglienzellen gültiges Verhalten vorliegt, das hat dann 1865 Deiters bewiesen. Durch die Arbeiten von Gerlach, Max Schultze, Waldeyer, Jolly, A. Key und G. Retzius, Betz, Bevan Lewis, Obersteiner, Freud und vielen anderen wurde das gewonnene Wissen vertieft. Im Texte ist bereits derer gedacht, denen wir die wichtigsten Fortschritte in neuester Zeit verdanken. So viele haben diesem schwierigsten Kapitel der Histologie ihr Interesse und ihre Arbeitskraft gewidmet, daß ein Anfang 1887 erschienenes Verzeichnis (Nansen) bereits 341 Arbeiten über Nervenfasern und Ganglienzellen aufweisen kann. Über die Struktur der Zelle sind zwischen 1895 und 1903 ca. 800 Arbeiten veröffentlicht worden. Neuere grundlegende Arbeiten über das Stützgewebe stammen von Boll, Ranvier, Vignal, His, Lenhosseck und Weigert. Der letztere hat eine Färbemethode erfunden, welche gestattet, diese Gewebsart isoliert zu färben. So war es ihm zuerst möglich, die bereits bekannten Funde ganz sicher zu stellen und durch neue wichtige zu vermehren.

Dritte Vorlesung.

Der Aufbau des Nervensystemes. Physiologisches.

Meine Herren! Nachdem wir in der letzten Vorlesung vieles von den Aufbauelementen des Nervensystemes erfahren haben, wollen wir heute betrachten, wie diese sich zusammenordnen.

Allzuviel ist darüber nicht bekannt, wenigstens nicht sicher bekannt.

Das wichtigste, was Sie in der vorigen Vorlesung über die Ganglienzellen erfahren haben, ist, daß diese verschiedenartigen Zellkörper die Sammelstätten zahlloser Nervenfibrillen sind, die von allen Seiten in sie eintreten. Sie ordnen diese dann um und leiten sie in andere Fortsätze über. Ein einzelner dieser Fortsätze, der Axenzylinder, wird zum Aufbauelement besonderer, längerer und kürzerer Nervenbahnen. Innerhalb der Zelle kommen die Fibrillen mit Substanzen in Berührung, von denen es wahrscheinlich ist, daß sie irgendeine Kraftquelle für die Zelltätigkeit liefern, Substanzen, welche durch die Zellfunktion selbst zum Aufbrauch gebracht werden. In der Zelle liegt noch der Zellkern. An seine Existenz knüpft sich die Lebensfähigkeit eines längeren oder kürzeren von der Zelle ausgehenden Stückes der Nervenbahn.

Die Ganglienzellen entsenden gemeinhin zweierlei Fortsätze von ihrem Körper: einen gleichmäßig feineren Fortsatz, den Neurit oder Achsenzylinderfortsatz, welcher der Zelle zuerst entsproßt, und die dickeren, sich immer verzweigenden Dendriten oder Protoplasmafortsätze, welche entwicklungsgeschichtlich etwas später auftreten. Der Stammfortsatz endet, wie es scheint, immer in einer Verästelung. Man kann nun zweierlei Zellen unterscheiden: solche, bei denen der Fortsatz so kurz ist, daß jene Verästelung dicht an der Zelle liegt (s. Fig. 2 *cc*), und solche mit langhin verlaufendem Stammfortsatze (ebenda *m* und *f*). Auf seinem zuweilen viele Zentimeter langen Wege gibt ein solcher Fortsatz reichlichere oder spärlichere Seitenästchen, „Kollateralen", ab. Auch diese enden, wie der Fortsatz selbst, mit feiner Aufsplitterung. Wir wissen schon lange, daß der Achsenzylinder der Nervenfasern aus zahlreichen Einzelfäserchen gebildet ist. So hat es nichts Auffallendes, wenn wir jetzt erfahren, daß sich einzelne dieser Fäserchen während des Verlaufes abtrennen. Man hat natürlich nur sehr selten Gelegenheit, einen Achsenzylinder mit Sicherheit von seinem Ursprung bis zu seinem Ende zu verfolgen. Was aber bisher über die Endigung dieses wichtigen Zellfortsatzes bekannt geworden ist, was man gesehen und was man aus experimentell vorbereiteten Präparaten erschlossen hat, all das weist darauf hin, daß er sich wirklich an seinem Ende aufzweigt. Zieht er aus dem Zentralorgan in die Peripherie, wie etwa in den Wurzeln der Rückenmarksnerven, so verzweigt er sich im Muskel oder zwischen Epithelien (Motorische Endplatte und Plexus der Sinneskörper und der Oberhaut). Aber die wenigsten Achsenzylinder gelangen zu peripheren Endorganen. Die allermeisten legen sich nach kurzem oder längerem Verlaufe an eine andere Nervenzelle an, umfassen, umspinnen sie mit ihrer Endpinselung, wo dann möglicher Weise ihre Fibrillen in die neue Zelle eintreten. Man kann sich vorstellen, daß sie dort in Berührung mit der mehrerwähnten, durch Funktion angreifbaren Substanz treten und dadurch neue Energievorräte zur Weiterleitung aufnehmen oder auslösen.

Die Dendritenfortsätze verzweigen sich zu mehr oder weniger reichlichem Astwerk, an dem noch durch Aufsitzen von kleinen gestielten Knötchen — s. o. bei Fig. 11 — eine Oberflächenvergrößerung eintreten kann. Wie weit sie isoliert bleiben, wie weit sie in das extrazelluläre Netzwerk eingehen, ist für die einzelnen Zellen noch zu ermitteln. Jedenfalls treten durch die Dendriten Fibrillen in die Zelle ein, um sie durch andere Dendriten oder auch durch den Axenzylinder wieder zu verlassen. Die Dendriten stellen also die Ein- und Ausgangswege für Nervenbahnen und außerdem die Oberflächenvergrößerung der Nervenzellen dar, welche für die mannigfachen Beziehungen, in welche eine Nervenzelle eintritt, notwendig ist. Ein Übergehen von Dendritenfasern in periphere Nervenbahnen ist nicht nachgewiesen.

Dendriten und Achsenzylinder gehen nicht immer an verschiedenen

Stellen vom Zellleib ab. Bei den Wirbeltieren kann man oft genug beobachten, daß die Zelle einen ganz wie ein Dendritenfortsatz aussehenden Zweig aussendet, dem nahe der Abgangsstelle der Achsenzylinder entsproßt. Bei vielen Wirbellosen ist dies Verhältnis geradezu die Regel. Beim Flußkrebs z. B. entsendet (Retzius) die birnförmig aussehende Zelle zumeist überhaupt nur einen dicken Stammfortsatz, aus dem sich lateral die Dendriten und weiter vorn der Achsenzylinder entwickeln (Fig. 12). Hier scheint ein Verhältnis vorzuliegen, welches darauf hinweist, daß beide Ausläufer einer Ganglienzelle gar nicht etwas absolut und prinzipiell Verschiedenes sind.

Das sind die Grundtatsachen. Sie werden mit ihnen am besten bekannt, wenn Sie erfahren, was wir über den Ursprung und Verlauf einer einzelnen, besonders gut studierten Bahn bereits wissen:

Viele motorische Nerven stammen aus großen Ganglienzellen, welche im Vorderhorne des Rückenmarkes liegen. Aus diesen Zellen entspringt je ein Achsenzylinder. Der tritt aus dem Rückenmarke heraus als Wurzelfaser und dann in einen Nervenstamm ein. Da verläuft er weiter, bis er sich im Muskel zur „Endplatte" aufzweigt (Fig. 11).

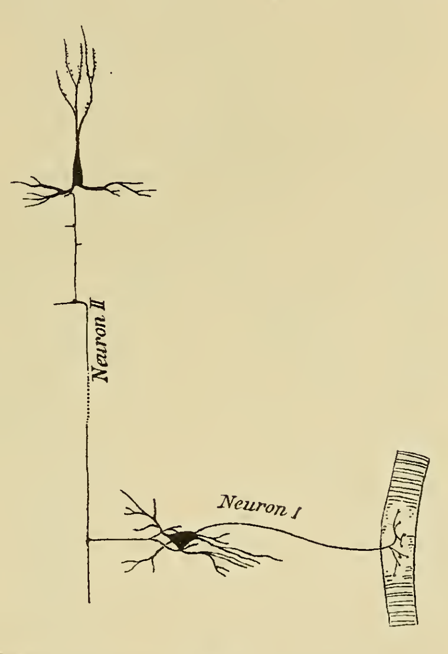


Fig. 11.
Schematische Darstellung des Verhaltens von Ganglienzelle und Nerv in einem Teile des motorischen Innervationsweges.

Man bezeichnet das Stück der Innervationsbahn, welches von der Peripherie bis zur ersten Endigung im Zentralorgan reicht, als Bahn erster Ordnung. Diese Bahnen erster Ordnung, hier also der Abschnitt Vorderhorn-Nerv-Muskelendigung, sind durch ihr eigenthümliches Verhalten bei Erkrankungen schon seit Jahren von der Pathologie erschlossen und von den Bahnen höherer Ordnung getrennt worden.

Die Weiterleitung der nervösen Vorgänge erfolgt bei den Säugern in der Weise, daß sich an die Bahn erster Ordnung eine oder mehrere Bahnen zweiter, dritter usw. Ordnung anschließen. Alle bestehen aus dem Stück: Ganglienzelle, Axenzylinder, Aufsplitterung. Kehren wir zum gewählten Beispiele zurück, so finden wir, daß sich um die reichen Dendriten, welche die Vorderhornzelle aussendet, eine Menge feiner Fäserchen verzweigen, Fäserchen, welche sie umfassen. Diese Fasern sind zum Teil Kollateralen aus einer Bahn, von der wir nach in der

Pathologie gemachten Erfahrungen wissen, daß sie aus großen Zellen in der Hirnrinde abwärts durch das Gehirn und das Rückenmark verläuft. Diese Bahn, welche also wieder besteht aus den Abschnitten: Hirnzelle, absteigender Nerv, Kollaterale, Aufsplitterung, ist geeignet, die Verbindung zwischen der Endigung im Muskel und der Hirnrinde herzustellen; sie ist das zentrale Stück des motorischen Innervationsweges, oder doch ein Teil dieses Weges. Dies nun ist die motorische Bahn zweiter Ordnung. Wie viele Bahnstücke zur Unterlage des ganzen motorischen Vorganges notwendig sind, wissen wir noch nicht. Versuche mit künstlich gesetzten Entartungen werden uns hier weiter bringen können.

Man sieht die Ganglienzellen und ihre Ausläufer als die Elemente an, welche die Funktion des Nervensystemes tragen. Schon bei sehr niedrig stehenden Tieren treten sie auf, isoliert und auch schon zu einzelnen Haufen — Ganglienknoten — angeordnet. Je nachdem diese Haufen vereinzelt peripher liegen oder in größerer Menge und bestimmter Anordnung durch Nervenzüge untereinander verknüpft getroffen werden, spricht man von peripheren Ganglienknoten oder von einem Zentralnervensystem. Im allgemeinen erkennt man, daß in der Tierreihe eine Tendenz zum Zusammenfassen vieler Knoten in ein einziges Nervensystem besteht. Je höher man aufsteigt, um so mächtiger ist dieses, aber es erhalten sich bis hinauf zu den Vertebraten noch immer Teile des Nervensystemes mehr oder weniger vom Zentralorgan getrennt und von ihm funktionell und anatomisch mehr oder weniger unabhängig. Ich werde Ihnen bald am Beispiel der Sinnesepithelzellen darlegen, wie sich solche Gebilde allmählich nach dem Zentralorgan hin verschieben können. Die Physiologie zeigt, wie nicht nur die in den Eingeweiden liegenden Einzelganglien noch relativ selbständig funktionieren, sondern wie sogar Gebilde, die, wie die Spinalganglien, schon dem Zentralorgan vielfach zugerechnet werden, sich noch einer relativen funktionellen Unabhängigkeit von diesem erfreuen.

Ja, es drängt das, was wir vom anatomischen Aufbau und von den Funktionen des Zentralnervensystems der Wirbeltiere wissen, mehr und mehr zu der Annahme, daß auch die einzelnen Teile des Zentralorganes selbst imstande sind, in gewissem Maße noch selbständig zu funktionieren, daß auch Gehirn und Rückenmark der Wirbeltiere nur bestehen aus einer Reihe einzelner Zentren. Das Maß, wie von diesen das eine oder andere höher entwickelt ist, wie es mit den tieferen verknüpft, und wie diese untereinander und mit höheren Zentren funktionell und anatomisch verbunden sind, macht die höhere oder niedere Ausbildung eines Zentralorganes aus. Wir werden nachher sehen, daß sich im Verlaufe der Stammesentwicklung einzelne der zum Zentralorgan verbundenen Zentren hoch entwickelt haben, während andere, auf einem gewissen Typus angelangt, stehen geblieben sind und sich durch die ganze Reihe hindurch überall gleichen.

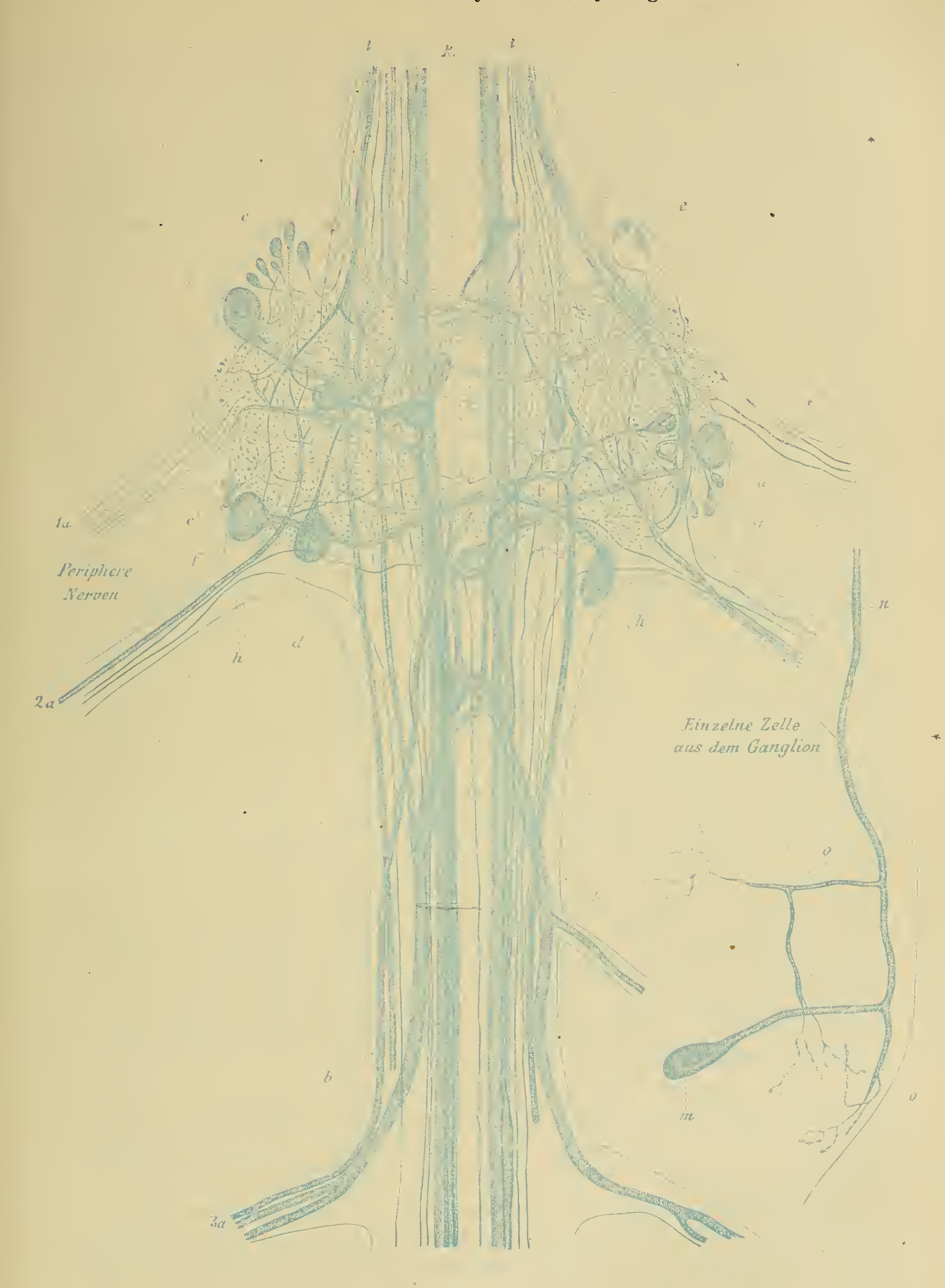


Fig. 12.

Das erste abdimale Ganglion des Bauchstranges von Astacus fluviatilis. Färbung des lebenden Gewebes durch Methylenblau. Nur die nervösen Bestandteile färben sich. Erklärung im Texte. Die dicken medialen Fasern *Rf* sind ihrer näheren Bedeutung nach noch nicht erkannt. Nach Retzius.

Im wesentlichen kann man sich vorstellen, daß jedes Nervensystem aufgebaut ist aus zuleitenden und ableitenden Bahnen und aus solchen, welche Verbindungen der Einzelelemente untereinander herzustellen geeignet sind.

Einen guten Einblick in den Gesamtaufbau eines einzelnen Nervenknotens können Sie gewinnen, wenn Sie einmal die vorstehende Abbildung durchstudieren wollen. Sie stellt das ganze abdominale Ganglion des Bauchstranges vom Flußkrebse dar und gestattet bei der relativen Einfachheit aller Verhältnisse ein gutes Eindringen in alle Einzelheiten. Hier haben wir eine Art Schema eines nervösen Zentralorganes und überblicken jedenfalls auf einmal einen Mechanismus ganz, der zur Ausübung der Funktionen eines Zentralapparates geeignet ist.

Das Nervensystem des Krebses besteht, wie das aller Gliedertiere, bekanntlich aus einer großen Zahl einzelner Ganglienknoten, die durch längere und kürzere Verbindungen zumeist unter sich geeint sind. Aus den verschieden großen Nervenzellen *d*, *e*, *f* entspringt immer ein einziger, mächtiger Stammfortsatz, der nach kurzem Verlaufe sich aufteilt in eine Faser, die aus dem Ganglion in die Peripherie heraustritt — Achsenzylinder — und eine solche, die, sich rasch aufzweigend, im Ganglion selbst bleibt. Der Achsenzylinder geht entweder — aus den Zellen *e* — direkt in einen Nerven hinein, — er ist hier wahrscheinlich motorischer Natur — oder er tritt in den Strang, welcher das Ganglion mit den weiter vorn oder weiter rückwärts gelegenen anderen Ganglien verbindet, — so alle Fortsätze aus den ganz großen Zellen. Die Verbindung kann gleichseitig und gekreuzt sein. So ist der Ausläufer der oberen Zelle *f* gleichseitig, derjenige der unteren gekreuzt im Verlaufe. Von dem Stammfortsatz gehen die Dendriten ab, hinein in die Substanz des Ganglions. Sie sind in ihrer feinen Aufzweigung wohl geeignet, die Einzelelemente des ganzen Ganglions untereinander zu verknüpfen. In das feine knotige Flechtwerk, welches sie bilden, tauchen Nervenfasern ein, die entweder von der Peripherie kommen — sensible Nerven? 2*a* — oder aus anderen Ganglien stammen, *l*, *i*, oben. Wenn Sie nun einmal den abgehenden Nerven, etwa den mit 2*a* bezeichneten, betrachten wollen, so sehen Sie, daß er Fasern enthält, die in das Ganglion münden, und solche, die von anderen Ganglien der gleichen und der gekreuzten Seite stammen. Wie viele Möglichkeiten der Assoziation sind schon in diesem einfachen Knoten gegeben!

Jede Zelle und jede Faser kann durch die reiche Endverzweigung zu unzählig vielen anderen Zellen und Fasern in irgendeine Beziehung treten. Außerdem stehen die meisten in Kontaktzusammenhang mit Zügen aus entfernter liegenden Zentren und viele auch mit der Peripherie.

Unser Präparat läßt aber noch längst nicht alle Verbindungsmöglichkeiten erkennen. Sind doch nur die Zellen, nicht aber die Fibrillen,

aus denen jenes punktförmige Flechtwerk zusammengesetzt ist, gefärbt. Durch Bethe aber wissen wir, daß aus dem Flechtwerk der Krebse Fibrillen in und durch die Zellen hindurchdringen, in den Zellen sich aufteilen, sich umlagern usw.

Es gibt übrigens auch — wenigstens ist das für die Wirbeltiere aller Klassen bereits nachgewiesen — Zellen, welche in gar keiner direkten Beziehung zur Außenwelt stehen und nur geeignet sind, das Territorium einer zentralen Zelle mit dem einer anderen in inniger



Fig. 13.

Aus der Ammonsrinde des Kaninchens, kombiniert nach Präparaten von S. R. y Cajal. *a b c* Assoziationszellen. Ihr langer Achsenzylinderfortsatz spaltet sich zu moosförmigen Reisern auf, welche in die Schicht der Pyramidenzellen *A* eindringen. Links außen eine einzelne vollgezeichnete Pyramidenzelle. Sie tritt durch ihren nach unten abgehenden Achsenzylinder mit dem Mark des Gehirnes und durch ihre nach oben strebenden Dendriten wieder mit anderen Faser- und Zellensystemen — nicht abgebildet — in Beziehung. Zu diesen mannigfachen Verbindungen kommt dann noch die durch die moosförmigen Fortsätze gegebene Assoziation vieler Pyramidenzellen untereinander.

Weise zu verknüpfen, Assoziationszellen. Solche Zellen sind ungemein weit verbreitet.

Nirgend aber wird ihre Bedeutung rascher klar als im Ammonshorne, einer Abteilung der Riechrinde. Ich lege Ihnen hier in Fig. 13 einen Schnitt durch diesen Rindenanteil vor. Unter der Schicht großer pyramidenartiger Zellen, welche die Hauptzelllage dieses Gebietes bilden, erblicken Sie kleinere Zellen, welche ihren Achsenzylinder nahe an die Pyramiden oder auch durch sie hindurchsenden. Dann aber löst er sich in feine Queräste auf und aus diesen dringen von unten

und von oben mächtige Endbüschel zwischen die großen Zellen hinein. Diese Endbäumchen sind also wohl geeignet, die Elemente der Schicht, wo sie enden, untereinander zu verknüpfen.

Nachdem Sie nun von den Ganglienzellen und ihren Verbindungen, von den Nervenfasern und dem Fibrillenwerk, das wichtigste erfahren haben, liegt die Erörterung der Frage nah, was wir denn heute über die Funktionen dieses Apparates mit einiger Sicherheit wissen und wie wir uns etwa an Hand des heute Bekannten gewisse physiologische Vorgänge vorstellen könnten.

Wir wissen zunächst, daß ein motorischer Nerv funktionsunfähig wird, wenn er von seiner Ursprungszelle getrennt ist, und wissen auch, daß Zerstörung des Graues, in dem sensible Fasern enden, deren Funktion völlig aufhebt. Wir wissen ferner, daß wir durch Reizung der Zellen, in denen ein Nerv endet, alle Erscheinungen erzeugen können, welche gewöhnlich bei der Funktion des Nerven sichtbar werden. Das allein hat zu dem Schlusse geführt, daß in den Ganglienzellen und den Verbindungen, welche sie untereinander eingehen, die Unterlage für die Nerventätigkeit gegeben ist. Zahlreiche Versuche haben dann gezeigt, daß ein sensibler Eindruck, der, von der Peripherie herkommend, in das Zentralorgan eintritt, dort liegende Ursprungszellen von motorischen Fasern anregen, ihre Endpunkte, die Muskeln, zur Tätigkeit bringen kann. Man bezeichnet bekanntlich diesen Vorgang als Reflex. Die Untersuchung solcher Reflexe hat dann zu dem weiteren, sehr interessanten Resultate geführt, daß der sensible Reiz nicht unmittelbar den motorischen Vorgang auslösen muß, daß vielmehr eine gewisse Intensität des ersten Reizes nötig ist, aber daß auch ein schwacher Reiz, wenn er eine zeitlang anhält, schließlich den motorischen Apparat beeinflussen kann. Man nimmt an, daß die Ganglienzellen geeignet sind, Reize, die ihnen zukommen, eine zeitlang aufzuspeichern, zurückzuhalten, bis dann zu große Reizhöhe oder ein von anderer Stelle her neu eintretender Reiz sie zu plötzlicher Entladung bringen kann.

Es ist durchaus wahrscheinlich, daß die Übertragung der Reflexe durch das Fibrillenwerk in der Zelle vielleicht auch durch das außerhalb der Zellen liegende vermittelt wird. Der kerntragende Teil der Zelle braucht dabei nicht einmal die Hauptrolle zu spielen. Es tauschen ja auch in seiner Peripherie Fibrillen ihre Lage aus.

An den Ganglien der niederen Tiere liegen, wie Sie an den heute demonstrierten Krebsganglien links oben sehen, die Zellen oft ganz peripher und ragen nur durch ihre Fortsätze in die Ganglienmasse hinein.

Diesen Umstand hat Bethe benutzt, um bei Carcinus maenas eine bestimmte Zellgruppe intravital abzutragen. Sie diente einem Reflex, der bei Berührung eines Fühlers auftrat. Trotz der Entfernung der Zelleiber ging dieser Reflex nicht gleich, sondern erst nach vielen Tagen verloren. Durch diesen Versuch wird bewiesen, daß der Faseraustausch, welcher an den Zellausläufern und am fibrillären Netzwerk stattfindet, an sich schon ausreichend zum Zustandekommen eines Reflexes ist. Ein Teil der Zelle, eben ihre nach dem Ganglion gerichteten Ausläufer, blieb ja erhalten, und wir wissen, daß hier noch zahlreiche Fibrillengeflechte gelagert sind. Bethe selbst meint, daß der Versuch beweise, die Ganglienzelle sei zum Zustandekommen eines Reflexes nicht nötig, es genüge auch das extrazelluläre Netz. Wie wichtig

für die dauernde Erhaltung der nötigen Verknüpfungen die Ganglienzelle ist, das geht aus dem schließlichen Aufhören jenes Reflexes deutlich hervor.

Der kleine Nervenknoten vom Krebse, den ich Ihnen in dieser Vorlesung gezeigt habe, empfängt reichlich Fasern aus der Peripherie und entsendet aus den großen Zellen, welche in ihm liegen, mächtige Bahnen in die Muskeln. Ein Blick auf ihn und auch auf obige Fig. 13, zeigt Ihnen nun schon, daß

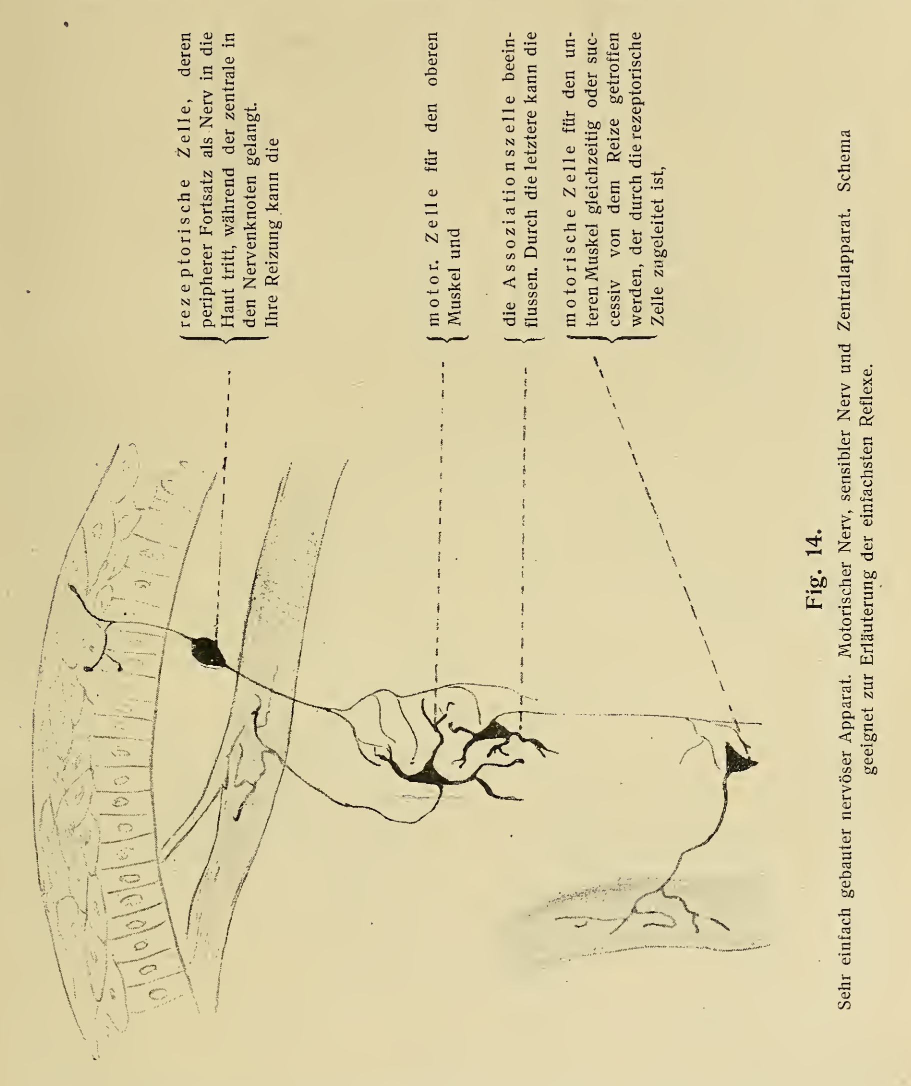


Fig. 14.
Sehr einfach gebauter nervöser Apparat. Motorischer Nerv, sensibler Nerv und Zentralapparat. Schema geeignet zur Erläuterung der einfachsten Reflexe.

ein etwa anlangender Reiz keineswegs nur eine einzige Zelle trifft, daß vielmehr ein Eindruck, welcher nur von einer Stelle der Peripherie durch eine einzige Faser dem Zentralorgan zugeführt wird, dorten einen ganzen Komplex von motorischen Zellen zu „laden“ vermag. Die Entladung wird deshalb zumeist nicht etwa nur eine motorische Faser erregen, sondern je nach der anatomischen Verknüpfung der motorischen Zellen immer gleich einen ganzen Komplex von Muskelfasern zur Kontraktion bringen. So erklärt es sich —

Exner — wie ein einziger sensibler Reiz zu einer komplizierten Bewegung, an der viele Muskeln sich beteiligen können, führt. Was für ein motorischer Erfolg auf einen sensiblen Reiz eintritt, das hängt ab von der Kategorie von Gefühlsnerven, welche erregt sind und ganz besonders von der Verknüpfung der Zellen, welche an der Eintrittsstelle den motorischen Apparat bilden. Sehr vieles spricht dafür, daß solche Verknüpfungen im Laufe der Stammesentwicklung einmal erworben, weiter vererbt werden, daß also der Bau eines einzelnen Nervenknotens im wesentlichen der gleiche für jedes Individuum ist, und daß durch diese angeborene Anlage zahlreiche uns kompliziert erscheinende Aktionen ein für allemal begründet sind. Es ist z. B. sehr wahrscheinlich, daß der ganze Apparat, welcher den Sprung des Frosches, das Schwimmen der Fische, den Gang des neugeborenen Hühnchens ermöglicht, ein fertiger, immer gleichartiger ist. Ein von außen kommender adäquater Reiz setzt ihn in Tätigkeit wie der Stoß an den Pendel ein Uhrwerk in voraus bestimmten Gang bringt. Aber es gibt Erfahrungen, welche lehren, daß in bestimmten Teilen des Nervenapparates immer neue Verknüpfungen durch die Einübung hergestellt werden können. Das Zentralnervensystem zerfiele danach in einen Teil, der angeboren wohl ältester Einübung entstammt, und in andere Teile, die erst durch Übung während des Einzellebens ihre Verbindungen bekommen.

Angeborene Mechanismen sind wohl in allen Teilen des Nervensystems zu finden, auch zeigt die Beobachtung der Bewegungen von Embryonen und Neugeborenen, daß mindestens im Bereiche des vegetativen Funktionen dienenden Apparates, im Sympathikus also ferner im großen Gebiete des Rückenmarkes und der Oblongata solche die vorherrschenden sind. Wahrscheinlich kommt hierzu noch ein guter Teil des Mittelhirnes und des Kleinhirnes. Die vergleichende Anatomie lehrt, daß bis hinauf zu den Primaten die vor diesen Hirnteilen liegenden Apparate noch ständig großer Variationen fähig sind, und es zeigt speziell die Beobachtung der Hirnrinde in ihrem individuellen Ausbau, daß hier noch für das Einzelindividuum durch Einübung neue Bahnen ständig geschaffen werden.

Soweit rein motorische Effekte als Resultat der Reizungen in Betracht kommen, bezeichnet man den hierzu nötigen Apparat als Bewegungskombination. Das Wort ist von Exner gemünzt, dem wir eine treffliche Durcharbeitung vieler hierher gehörigen Momente verdanken. Sie dürfen sich nun aber solche Kombinationen von Ganglienzellen zu gemeinsamer Aktion nicht als gar zu einfach vorstellen. Die allermeisten Bewegungen bedürfen zu ihrem Ablauf eine längere Zeit, während welcher mehrfach andere Muskeln als die anfangs in Aktion getretenen eingreifen können. Es muß deshalb Bahnen geben, die von einer Kombination von Zellen zu einer zweiten führen, und die erst dann vom Reize beschritten werden, wenn die erste Aktion vollendet ist.

Solche Vorgänge wird man mit Exner zweckmäßig als successive Bewegungskombinationen bezeichnen. Exner hat sie aus physiologischen Beobachtungen geistvoll erschlossen, man kann aber, wenn man das Nervensystem der Evertebraten durchmustert, leicht anatomische Anordnungen finden, die, einmal von einem Reize getroffen, successive Bewegungen in völlig geordneter Weise auslösen können.

Speziell das Nervensystem der Ringelwürmer, des Regenwurmes z. B., das wir durch die schönen Untersuchungen von Retzius gut kennen, zeigt, wie durch eintretende sensible Fasern zunächst ein einzelner motorischer Knoten in Tätigkeit versetzt werden, und wie dann durch Fortsätze großer Assoziationszellen die Reizung sich auf das nächste Ganglion übertragen kann.

Außerdem enthält jedes Ganglion noch motorische Zellen, deren Achsenzylinder nicht zu den Nerven des betreffenden Metameres zieht, sondern erst in Muskeln endet, die weiter vorn und in solchen, die weiter rückwärts liegen. So vermag ein Eindruck, welcher an irgend einem Teile der Körperoberfläche

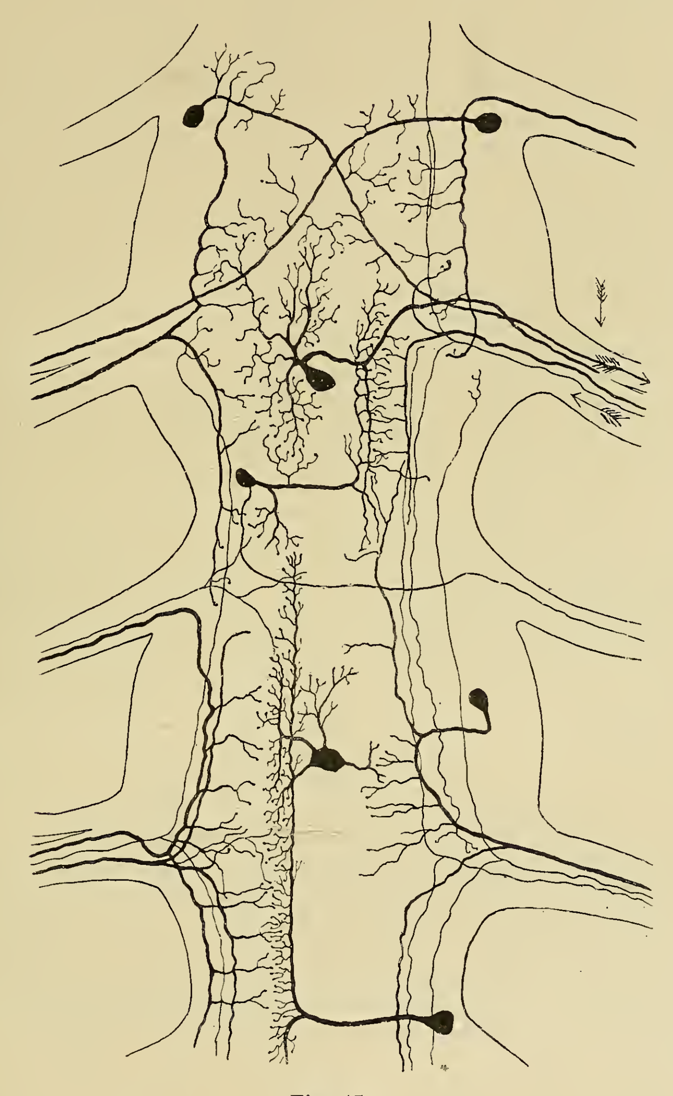


Fig. 15.

Einige Ganglien aus dem Bauchstrange des Regenwurmes, Lumbricus terrestris, nach Retzius — zur Demonstration der Grundlagen von successiven Bewegungskombinationen.

das Tier trifft, zunächst die Muskeln dieses Teiles, dann aber auch diejenigen von weiter vorn, oder weiter hinten liegenden Metameren in Tätigkeit zu bringen. Wenn eine solche successive Bewegung einmal eingetreten ist, dann wird sie noch durch ein anderes Moment unterhalten und reguliert. Es ändern sich nämlich mit der veränderten Stellung der Muskeln

und Glieder auch die sensiblen Eindrücke, die sie empfangen. Bleiben wir bei dem einmal gewählten Beispiele vom Regenwurme. Die Muskeln des ersten Metameres ziehen sich bei der Berührung der Tastapparate zusammen, vielleicht auch die des nächsten. Nun aber kommen eben durch diese Kontraktion wieder andere Teile der Haut in Berührung mit der Unterfläche, neue Reize werden in anderen Ganglien ausgelöst, es kann sich die Kontraktion so successiv auf weitere Metamere ausdehnen, kurz es kann ein Reiz, der an einer einzigen Stelle eingreift, passende Koordination der Bewegungen vorausgesetzt, das ganze Tier auf rein reflektorischem Wege zur Bewegung, zum Kriechen, bringen. Ja dies Fortkriechen kann den Eindruck der äußersten Zweckmäßigkeit im Verhältnis zum Reize machen. Legt man einen Seeigel, ein Tier, welches etwa die Form eines Apfels hat, an dem man unten eine breite, flache, runde Scheibe abgeschnitten hat, auf den Rücken, so faßt er sofort mit den langen Saugfüßen, die seinen ganzen Körper bedecken, an der Unterlage Fuß. Jedes Füßchen aber kontrahiert sich in dem Augenblicke, wo es mit dem Boden in Berührung kommt. Das Tier wird dadurch zunächst kräftig an die Unterlage angezogen. Nun aber beginnt ein merkwürdiges Spiel, das Romanes und Ewart uns schön beschrieben haben. An einer Stelle kontrahieren sich die Füßchen etwas fester, vielleicht ist's Zufall, an welcher. Sofort verlieren die entgegengesetzten ihren Halt, lassen los, das Tier neigt sich nach der Seite, wo die stärkere Kontraktion stattfand. Natürlich kommen dadurch neue Saugfüße eben dort mit der Unterlage in Berührung, die kontrahieren sich wieder und das geht so fort, bis der Seeigel ganz aufrecht auf der Kante steht; auch nun hört die Bewegung nicht auf, denn immer neue Pedizillen fassen ja Fuß und das geht so fort, bis das ganze Tier umgedreht wieder in normaler Lage ist. Hier haben wir eine sehr zweckmäßige, anscheinend nur durch besonders feine Überlegung ausführbare Bewegung gesehen, die sich auf ganz einfache Reflexvorgänge zurückführen läßt, auf die Kontraktion, die in den Muskeln der Pedizillen eintritt, wenn ihre sensiblen Nerven erregt werden. Daß die Bewegung aber eine wohlgeordnete ist, dazu bedarf es doch einer Verbindung der Pedizillarnerven untereinander. Aber bei diesem einfachen Versuche tritt schon ein neues Moment auf, das bisher noch nicht als Eigenschaft des Zentralapparates hier erwähnt wurde, das ist das Aufhören der Bewegung, wenn einmal die Ruhelage des Tieres erreicht ist. Hier muß vom Zentrum aus eine „Hemmung“ eintreten, denn es wäre sonst nicht abzusehen, warum der Seeigel sich nicht manchmal weiter bis zur Erschöpfung drehen sollte, da ja immer neue Saugfüße auch bei der Normallage in Berührung mit der Unterfläche geraten. In der Tat ist es als eine Eigenschaft der Nervenknoten überall erkann , daß sie imstande sind, nicht nur Bewegungen hervorzurufen, sondern auch solche zu hemmen. Der Mechanismus ist noch nicht klar. Zweifellos können solche Hemmungen ganz ebenso wie die Bewegungen sich weithin von dem zuerst irritierten Ganglion auf andere erstrecken.

Es wäre sehr verlockend, von diesen Grundbegriffen aus nun weiter die Vorgänge in einem bestimmten Teile des Nervensystems, oder dasjenige zu verfolgen, was etwa bei einer bestimmten komplizierteren Aktion sich im Innern des Gesamtapparates abspielt. Ich muß aber hier, wo es mir nur darauf ankommt, zu zeigen, wie einfach sich die primitivsten Nervenverrichtungen auf die anatomischen Verhältnisse zurückführen lassen, darauf verzichten,

diesen vielfach in ganz Unsicheres noch führenden Weg mit Ihnen zu gehen.

Als einfachsten Zentralapparat können wir denjenigen ansehen, welcher sich aufbaut aus zuführenden sensiblen und abführenden motorischen Fasern, wobei angenommen wird, daß die Enden des sensiblen Nerven irgendwie direkt oder auch durch Vermittlung einer zweiten Zelle in Beziehung zu der Ursprungszelle des motorischen Nerven treten. Solche einfachen Komplexe finden wir weit verbreitet bei den wirbellosen Tieren und auch im Körper der Wirbeltiere. Sie liegen teils in den sympathischen Knoten, teils sind sie als direkte Reflexbahnen in den Gesamtapparat des Zentralnervensystems einbezogen. Absolut isolierte einfache Reflexzentren sind noch nicht bekannt, immer hängen auch die kleinsten wieder mit anderen ähnlichen zusammen. Einen solchen Knoten stellt z. B. Fig. 12 dar. Aber alle sind doch nur bis zu gewissem Grade voneinander abhängig und für einen großen Teil ihrer Funktion völlig selbständig. Um ein Beispiel für solche isolierte Reflextätigkeit zu geben, erinnere ich an die Bewegungen, welche die Muskulatur eines ausgeschnittenen Darmstückes in völliger Regelmäßigkeit ausführt, wenn ihr von der Darmschleimhaut her sensible Reize zugeführt werden. Der Einfluß, den auf diesen kurzen Reflexbogen weiter gespannte Bogen, solche die durch die Sympathikusganglien gehen, und solche, welche die Rückenmarkswurzeln passieren, nehmen können, ist bekannt; das sind eben neue Neurone, die sich an die intestinalen anlagern, sie beeinflussen, instigieren und hemmen können.

Vierte Vorlesung.

Einiges von der peripheren Innervation.

Es war nun so viel von der sensiblen Zuleitung, von dem Abgehen von motorischen Bahnen die Rede, daß wir diesen peripheren Teilen des Nervensystemes unsere Aufmerksamkeit schenken müssen. Alle Untersuchungen an Wirbeltieren haben gezeigt, daß die motorischen Nerven großen Ganglienzellen entstammen, welche ihren Achsenzylinder in einen Muskel hinein senden, wo er aufsplitternd endet. Alles, was bisher an Wirbellosen beobachtet ist, weist darauf hin, daß dort das gleiche Verhältnis vorliegt. Andererseits hat man bei Wirbellosen ganz direkt beobachten können, wie aus Zellen in der Haut stammende Nervenfasern, also sensible Bahnen, hinein in das Zentralorgan zogen, wo sie frei endeten. Wir verdanken für die Vertebraten speziell His sehr schöne Untersuchungen über diese Dinge. Bei den Wirbeltierembryonen bildet das Zentralnervensystem bekanntlich in früher Entwicklungszeit eine hohle Röhre. His konnte nun nachweisen, daß die in den peripheren Nerven enthaltenen Fasern zwei

ganz verschiedene Ursprungsarten haben. Alle motorischen Wurzeln entstehen als Achsenzylinderfortsätze von im vertralen Teil des Nervenrohres liegenden Zellen. Jede Zelle sendet ein Fäserchen aus, das an die Oberfläche tritt und dort sich mit den Nachbarfasern zur Bildung eines ventralen Wurzelbündels vereint. Die sensorischen Wurzelfasern, die zumeist dorsal abgehen, haben eine ganz andere Herkunft. Sie entstehen nämlich nicht im Zentralorgan, sondern außerhalb desselben, in den Ganglien, welche, neben diesem liegend, es auf seiner ganzen Länge begleiten. Die Zellen dieser Ganglien (Spinalganglien und Ganglien der Hirnnerven) wachsen nach zwei Seiten zu Fasern aus. Eine dieser Fasern tritt in das Zentralorgan ein, die andere wächst als sensorischer Nerv nach der Peripherie.

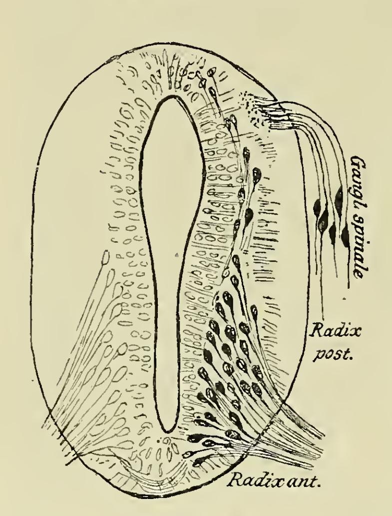


Fig. 16.
Rückenmarksdurchschnitt einer menschlichen Frucht aus der 4. Woche. Man sieht ventral die motorische Wurzel sich aus Zellen des Markes entwickeln. Dorsal wächst — nach einer Frucht von 4½ Wochen — die sensible Wurzel aus Zellen des Spinalganglions ein. Kombiniert aus Abbildungen von His.

Diese Dinge stehen fest, aber es ist noch nicht ausgemacht, daß der ganze lange periphere Nerv nun einfach durch Auswachsen der erwähnten Ausläufer sich bildet. Untersuchungen an niederen Vertebraten haben (Beard, Dohrn, Bethe u. a.) gezeigt, daß hier die Nerven sich weiter aus Zellketten aufbauen, die sich an die primären Ausläufer anlegen oder auch schon vor diesen vorhanden sein können. Im Innern der Zellen entsteht später eine dieses lichtende Differenzierung, die zum Achsenzylinder werden soll, die periphere Schicht liefert die Schwannsche Scheide, in der dann später, vielleicht durch Einwandern von Mesodermelementen anderer Art, die Markschicht entstände. Der periphere Nerv wäre dann eine Kette von Zellderivaten. Noch eines steht fest, das ist der Einfluß, den die zentralen Zellen auf den peripheren Nerv ausüben. Wenn die Vorderhörner beim Kinde oder Erwachsenen untergehen, dann zerfallen allemal die motorischen Nerven in ihrer ganzen Länge, und wenn die Spinalganglien zerstört werden, entarten sicher die sensiblen Nerven ganz.

Deshalb muß man mit zwei Möglichkeiten rechnen: Entweder es gewinnt das zentralste Achsenzylinderstück allmählich irgendeinen Einfluß auf die Stärke der peripheren Kette oder aber es ist jene „Achsenzylinderanlage“ in den peripheren Zellen nur eine Bahnung für den vom Zentrum hereinwachsenden Achsenzylinder.

Die Ganglien entwickeln sich aus denjenigen Zellen der Medullarrinne, welche vor dem Schlusse zur Röhre beiderseits an den sich an-

schließenden dorsalen Rändern liegen. Man bezeichnet ihre Gesamtheit als Randstreifen. Fig. 17*A*.

Wenn die Rinne mit ihren Randlippen zur Medullarröhre verwächst, geraten natürlich die beiderseitigen Randstreifen aneinander und bilden einen unpaaren Zellenstrang, der zunächst, keilförmig zugeschärft, in die dorsale Nahtlinie des Rohres mehr oder weniger eingelassen erscheint. Fig. 17*B*. Bald verläßt er infolge von Vermehrung und Verschiebung seiner Zellen diese Lagerung, tritt aus der Decke des Medullarrohres vollständig aus und teilt sich durch mediane Sonderung wieder in einen rechten und linken Strang. Durch segmentale Verdickung gliedert sich diese paarige Ganglienleiste in die einzelnen Ganglien ab, die dann seitlich neben dem Medullarrohr mehr und mehr ventralwärts rücken. Hat sich diese Abgliederung vollzogen, so ist das „Primärganglion“, d. h. das Ganglion, soweit es durch Aussonderung von Elementen des Zentralorganes konstituiert wird, fertig. Jetzt erkennt man auch schon, daß die Zellen Fasern in das Rückenmark hinein senden, eben die Nervenwurzeln, und auch nach der Peripherie je einen Fortsatz auswachsen lassen, den periphen Nerven. Fig. 18.

Fig. 17.
Schnitte durch das Rückenmark eines sehr kleinen menschlichen Embryos. Schon bei *A*, wo das Medullarrohr noch offen ist, erkennt man am dorsalen Rande die Zellen des Randstreifens, aus welchen die Spinalganglien hervorgehen, bei *B* ist dieser, trotz des Schlusses der Medullarrinne, doch noch sehr deutlich. Die Zellen, die er jederseits entsendet, werden wahrscheinlich zum Aufbau der peripheren Nerven verbraucht. Nach v. Lenhosséck.

Aus den lateralen Zellen der Ganglienanlage scheinen sich weitere Zellen abzuspalten, welche vielleicht auch zum Aufbau der peripheren Nerven verbraucht werden. Es besteht aber hier noch eine wesentliche Meinungsdifferenz.

Bei Amphioxus kommt es nicht zur Loslösung der Ganglienplatte vom Zentralapparat. Er hat deshalb keine Spinalwurzeln, sondern nur Spinalnerven, welche aus dem Rückenmarke selbst zu kommen scheinen (Retzius, Heymanns und van der Stricht). Wahrscheinlich bleiben auch bei den Zyklostomen und vielleicht auch bei den einzelnen Teleostiern Ganglienreste im Zentralorgan zeitlebens festgelagert.

Die Ursprungszellen der meisten motorischen Nerven, namentlich aller derjenigen, welche quergestreifte Muskulatur innervieren, liegen im Zentralorgan. Wir haben ihrer schon in der vorigen Vorlesung gedacht, weil sie uns da ein gutes Beispiel abgaben für die Superposition verschiedener Neurone.

Aber nicht alle motorischen Nerven entstammen der gleichen Stätte. Es gibt überall im Körper zerstreut liegende Ganglienzellen, deren Neuriten in glatten Muskelfasern der Gefäße, des Darmes, des Herzens und anderer Eingeweide enden. Diese gewöhnlich dem Sympathikus zugerechneten Zellen müssen, weil an ihre normale Existenz die Fähigkeit zu Eigenbewegungen der betreffenden Organe geknüpft ist, auch als motorische Ganglienzellen angesehen werden. Sie liegen an vielen Stellen — in der Darmwand z. B. und im Herzen in relativ innigem Kontakte mit anderen Neuriten, die von anderen Stellen, aus dem Grenzstrange etwa, aus dem Rückenmark usw. stammen. Auch hier also, im Sympathikus, gibt es motorische Bahnen verschiedener Ordnung. Wir haben vorhin erfahren, daß bei den Säugern ein guter Teil der sekundären motorischen Bahnen bis zum Organe des Bewußtseins irgendwie vordringt. Das ist nun nicht für alle diese Bahnen der Fall. Man stellt sich viel zweckmäßiger zunächst die motorischen Zentren, die zentralen und natürlich erst recht die peripheren sympatischen als selbständig wirkungsfähige vor und untersucht für jeden einzelnen Fall, wie weit höhere Nervenbahnen sich zugesellen, wie weit höhere Nervenzentren eine Einwirkung ausüben können. Bei den Säugern sind ja alle quergestreiften Muskeln vom Zentralorgane her innerviert, und nur die glatten, sowie die Herzmuskulatur erfreuen sich einer gewissen Unabhängigkeit von demselben.

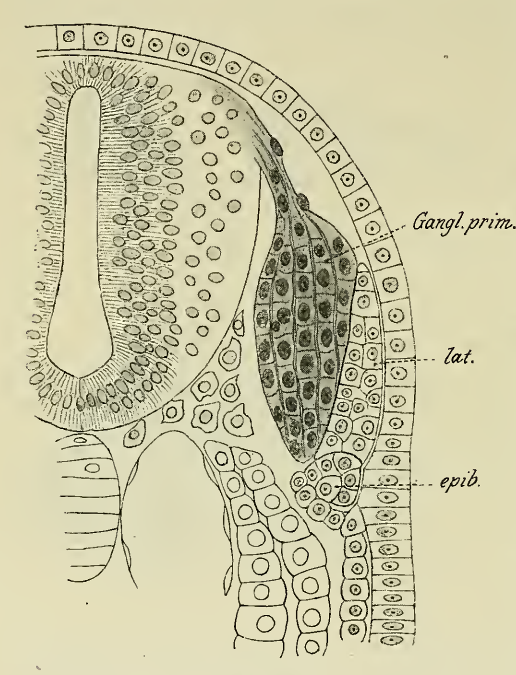


Fig. 18.

Ammocoetesembryo. Trigeminusgebiet des Kopfes. Nach v. Kupffer. Das Ganglion ist ausgebildet und hängt mit dem Gehirn nur noch durch die Wurzel zusammen. Es ist lateralwärts getreten und hat auch mit den Epidermiszellen Kontakt gewonnen.

Der Sympathikus enthält natürlich auch eine große Menge von Zellen und Fasern, welche Reize rezipieren, also solche, die man gewöhnlich sensible nennt. Es ist aber viel zweckmäßiger für alle Bahnen, von denen wir nicht wissen, ob die von ihnen aufgenommen Reize irgendwie wirklich empfunden werden, den Namen **rezipierende Bahnen,** welchen Bethe eingeführt hat, zu gebrauchen. Ja es dürfte sich überhaupt empfehlen, diesen Ausdruck, weil er eben gar nichts

als die Fähigkeit, einen Eindruck aufzunehmen, präjudiziert, vielfach an Stelle des Namens sensibel zu setzen.

Die meisten rezipierenden Nerven stammen aus den Spinal-

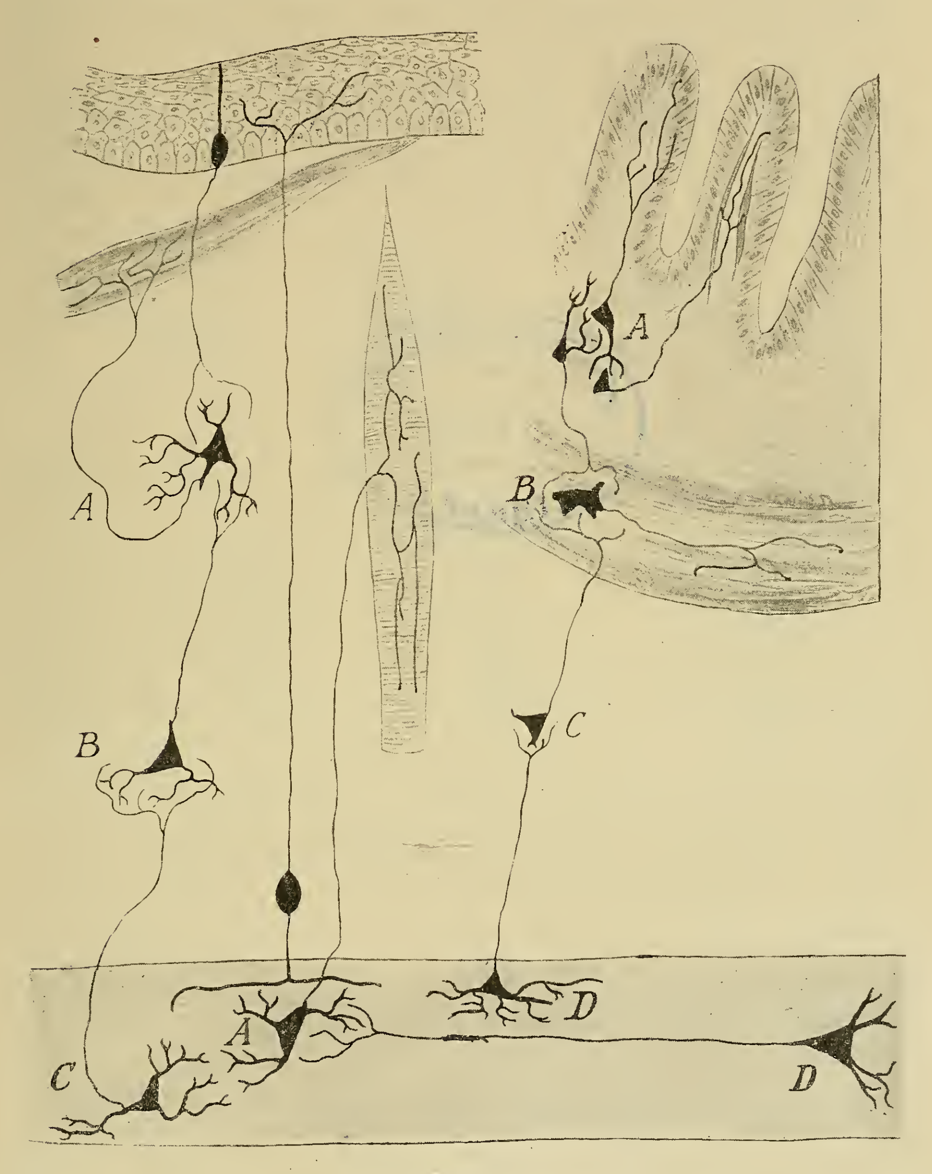


Fig. 19.

Übersicht über das periphere und zentrale Nervensystem.

Drei völlig schematische Abbildungen, die sich nicht an wirkliche Verhältnisse irgendeines speziellen Tieres anlehnen, sondern nur zur Klarmachung der im Texte dargelegten prinzipiellen Dinge bestimmt sind. Man erkennt Nerven motorischer und rezeptorischer Natur, peripherer und zentraler liegender Zentren und kann bei Verfolgung der einzelnen Linien sehen, wie solche Zentren in sich geschlossen wirken, wie aber auch Einflüsse von weiter her auf sie wirken können. *A, B, C, D* deutet an, daß die Leitungen erster, zweiter usw. Ordnung sich übereinander schalten.

Unten Zentralorgan, oben drei Beispiele aus der peripheren Innervation: Haut, Darm, Muskel.

ganglien. Auch sie splittern sich, an der Periperie angekommen, auf, entweder frei im Epithel, oder zwischen modifizierten, meist epithelialen Gebilden, Endapparaten. Für die rezipierenden Nerven ist aber außer der Ontogenie auch einiges von großem Interesse aus der Phylogenie bekannt geworden.

Bekanntlich weist die äußere Bedeckung schon sehr wenig entwickelter Tiere, der Cölenteraten z. B., mitten unter den gewöhnlichen Epithelzellen solche auf, welche durch ihre Anordnung zu bestimmten Gruppen und durch den Besitz eines längeren Endfadens, der sich in das Nervensystem einsenkt, sich auszeichnen. Es ist nun in der ganzen Reihe der niederen Tiere ein sehr häufiges Vorkommnis, das im Ektoderm liegende Zellen durch solche Fasern mit dem benachbarten Nervenknoten verbunden sind. Spricht ihre Lage in der Epidermis schon dafür, daß es sich um Anteile des sensorischen Apparates hier handelt, so wird die Vermutung zur Sicherheit, wenn man erkennt, wie vielfach diese Zellen zu Gebilden in Beziehung stehen, welche besondere Reize aufzunehmen geeignet sind. Lange starre Haare, schwingende Borsten, aufgesetzte Stifte scheinen Tasteindrücke leicht übermitteln zu können, während wir ganz analoge Zellen zur Hohlkugelwand da geordnet sehen, wo ein Steinchen, ein Otholith, im Innern der Kugel schwingend, den Sinnesapparat für das Gleichgewicht darstellt. Linsenförmige Teile des Ektoderm liegen an anderen Stellen vor ebensolchen Zellen, wohl geeignet Licht oder Wärmestrahlen diesen in besonderer Weise zu übermitteln. Es ist hier ja nicht möglich eine Schilderung all dieser mannigfachen Einrichtungen zu geben, welche bei den Wirbellosen als Sinnesapparat fungieren, nur das soll hervorgehoben werden, daß von der einfachen Epithelzelle des Ektodermes bis zu hoch differenzierten Apparaten alle Übergangsformen gefunden werden, und daß auch bei den höchsten der gleiche Typus, die Epithelzelle, welche einen Faden in das Nervensystem hineinschickt, wiederkehrt. Es gibt einen Ort, an dem man auf beschränktem Raume eine ganze Anzahl von Übergängen erblickt, die von der einfachen mit den Nerven verbundenen Epithelzelle bis zu komplizierteren Sinneshügeln führen. Das ist die Haut einer glasklar durchsichtigen Schneckenart, der Pterotrachea. Der Zusammenhang von Epithelzellen mit Nerven, die dem Zentralorgan zuziehen, ist in den letzten Jahren sehr schön von Lenhossék für die Epidermis des Regenwurmes geschildert worden. Eigene Untersuchungen und solche von Retzius haben mich von der Richtigkeit seiner Angaben völlig überzeugt. Aus zahlreichen Zellen des Integumentes sieht man feine Fäden entspringen, welche den Nervenknoten zuziehen und dort zumeist unter Teilung enden. Lenhossék hat nun eine Hypothese ausgesprochen, welche sich bisher von großem heuristischen Werte erwiesen hat und geeignet ist unsere Anschauung vom sensiblen Teile des peripheren Nervensystems einfacher und folgerichtiger zu gestalten.

Alle rezeptorischen Nerven bei den Wirbellosen und bei den Wirbeltieren stammten, meint L., von solchen ursprünglich im Integument gelegenen Zellen. Es rückten die Zellen nur vielfach in die Tiefe, einen langen, oft aufgezweigten Faden in der Haut zurücklassend; bei den Wirbeltieren gerieten sie bis in die Wirbelsäule als Spinalganglienzellen. Ob die Zellen nun aber direkt im Oberflächenepithel liegen, oder ob sie mit diesem nur durch den Ausläufer, den sensiblen Nerven, verbunden sind, immer senden sie rückwärts einen Faden in das Nervensystem hinein. Retzius hat bei Mollusken solche Übergangszellformen mit peripherem Faden von sehr verschiedener Länge beschrieben,

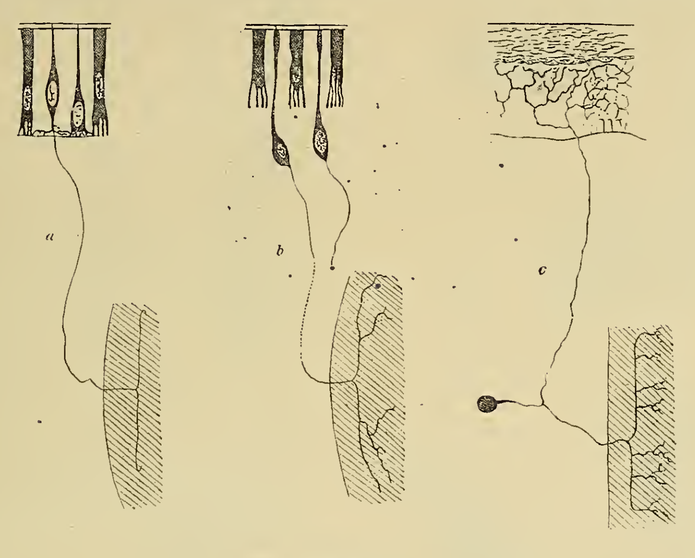


Fig. 20.

Nach Retzius. *a* Sinnesepithelien des Regenwurmes. *b* Ebensolche von einer Schnecke. *c* Spinalganglienzelle eines Wirbeltieres — ein Fortsatz, der rezeptorische Nerv, geht zur Haut, ein zweiter als Wurzel in das Zentralorgan hinein. — In allen drei Zeichnungen ist das Zentralorgan schraffiert.

wo die einer Epithelzelle gleichwertige Ganglienzelle nicht mehr in der Haut, sondern in verschiedener Tiefe unter derselben liegt. In Figur 20 lege ich nach Zeichnungen des letzteren Autors eine kleine Reihe vor, welche leicht zeigt, wie man sich nach dem eben Vorgetragenen die Entwicklung des sensiblen Nervensystems denken kann.

Es handelt sich übrigens in den Fällen, wo die rezipierende Endzelle noch ganz in der Peripherie liegt, keineswegs immer um niedere Tiere, vielmehr findet man noch bei den Wirbeltieren dergleichen und zudem die mannigfachsten Übergangsbilder, wenn man die Nervenendigung in den Sinnesorganen studiert. Die Epithelien der Riechschleimhaut senden, wie die der Regenwurmhaut, einfach einen Fortsatz hinein in das Gehirn. Im Ohre aber gibt es keine Endzellen in diesem Sinne mehr, es liegt da die betreffende Zelle im Ganglion spirale der

Schnecke, während ihr peripherer Fortsatz die Stiftzellen der Crista acustica aufgezweigt umfaßt, ganz wie der sensible Nerv die Epidermiszellen, Fig. 21. Auch für die Geschmacksfasern ist eine derartige Aufzweigung um Zellen nachgewiesen. Von der Retina wissen wir, daß sie Nervenbahnen enthält, die aus dem Zentralorgan kommend, sich um ihre Elemente aufzweigen, daneben aber auch Ganglienzellen führt, die ihren Achsenzylinder rückwärts dem Zentralorgan zusenden.

Die vergleichend anatomische Untersuchung der Retina hat uns einen Befund von ganz besonders großem Interesse für die Art, wie periphere Nerven und ihre Beziehungen zu den Endapparaten allgemein aufzufassen sind, kennen gelehrt. Die Retina kann als eine Reihe von übereinander geschichteten Nervenzellen und Neuroepithelien, die wahrscheinlich auch im Wesen Nervenzellen sind, aufgefasst werden. Bei den Vertebraten ziehen aus einer ca. fünf- bis sechsfachen Schichtung die Sehnervenfasern rückwärts einen weiten Weg hinein in das Gehirn, wo sie sich in bestimmte Ganglien auflösen. Lenhossék und gleichzeitig Kopsch haben gefunden, daß bei den Kephalopoden eine Trennung dieser Retinaschichten in der Art erfolgt ist, daß aus einigen wenigen schon die Fasern rückwärts ziehen, in den Kopf eintreten und hier auf weitere Retinaschichten treffen, die aber dem Zentralorgan fest angelagert sind. Der Sehnerv der Kephalopoden verläuft also nicht zwischen Retina und Gehirn, sondern zwischen verschiedenen Retinaschichten (v. Lenhossék). Und da die äußerste Schicht dem Gehirne anliegt, so existiert gar kein Sehnerv in dem Sinne, wie ihn die Vertebraten haben, es ist also der Optikus hier ein Tractus intraretinalis, dort ein Tractus retinocerebralis. Durch ganz verschiedene Anordnung der Neurone kommt im wesentlichen der gleiche Endeffekt zustande.

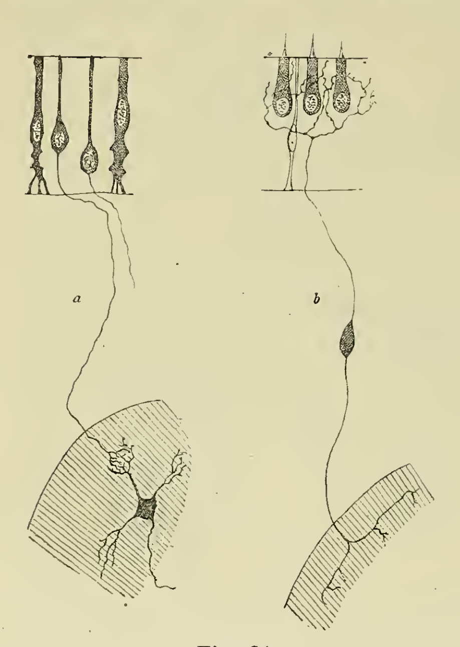


Fig. 21.

Nach Retzius. *a* Sinnesepithelien der Nase, senden ihren Achsenzylinder als Riechnerv, Fila olfactoria, rückwärts zum Gehirn, wo er sich aufzweigt. *b* Eine Ganglienzelle aus dem Ganglion spirale oder Schnecke. Ihr peripherer Fortsatz verzweigt sich um die Stiftzellen der Macula, ihr zentraler geht als Ramus cochlearis N. acustici in das Gehirn.

Rezeptorische Nerven sind weithin über den ganzen Körper verbreitet. Nicht nur an den Orten, die man gewöhnlich als empfindend bezeichnet, sondern auch in allen anderen Geweben und Organen des Organismus finden sie sich. Ob man die Leber oder die Niere, die Lunge oder die Wand eines Blutgefäßes untersucht, immer findet man da, in früher ungeahnt großer Menge, dünne Nervenästchen aufgezweigt. Ein guter Teil derselben endet wahrscheinlich schon in peripher liegenden End-

zellen, die dem Reflexbogen des Sympathikus angehören, ein anderer aber ist höchstwahrscheinlich bis in die Spinalganglien zu verfolgen und bis in das Rückenmark selbst. Gerade die Untersuchungen der letzten Jahre, die sich der Silber- und der Methylenblaumethode bedienen konnten, haben nicht nur den Reichtum an Organnerven entdecken lassen,



Fig. 22.

A. Haare von der Maus, Nerven mit Silber geschwärzt. *B.* Ebensolche im Querschnitt. Nach van Gehuchten. *C.* Nerven zu Epithelzellen des Froschgaumens. Methylenblaumethode, nach Bethe. *D.* Pigmentzellen aus der Haut von Alburnus mit dem Nervennetz, nach Eberth und Bunge.

sondern auch gezeigt, daß wir uns die sensible Innervation der empfindenden Flächen, der Haut z. B. oder der Geschmackapparate, viel zu arm vorgestellt haben. Es liegen da enorme Plexus von Nervenfäden unter und zwischen den Epithelzellen und diese senden zu jeder einzelnen Zelle Ästchen, oft viele zu einer einzelnen. Ich lege, um nur einige

Beispiele zu geben, hier Ihnen Abbildungen vor, welche zeigen, wie um jedes Haar herum sich eine wahre Krone von Nervenfäden legt, wie im Gaumen des Frosches zu den Epithelzellen Endfäden ziehen und wie die Pigmentzellen in der Haut der Fische von einem förmlichen Netze dicht umsponnen sind. Aus der Leber, der Blase und von vielen anderen Orten her könnte ich Ihnen noch zahlreiche Beweise für die überreiche periphere Innervation vorlegen. Wir haben früher viel zu viel Wert auf die einzelnen Endapparate gelegt und meist übersehen, daß eigentlich der allergrößte Teil der Körpergewebe zellweise schon mit Nerven versorgt ist. Von dem Reichtum an Nervenfasern in den echten Endapparaten, in den Tast- und den Geschmackpapillen z. B. kann man sich kaum eine zu große Vorstellung machen. Gute Imprägnationen lassen da ungeahnt dichte Plexus erkennen.

Für welche Leistungen mag eine so reiche rezipierende Innervation angelegt sein? Es gibt, das leuchtet sofort ein, eine sehr große Anzahl von Reflexen, die für die Erhaltung des Individuums dringend notwendig sind, ohne daß sie gerade dem Träger bekannt werden. Die Regulirung der Sekretionen, der Blutversorgung in der Haut im Verhältnis zur Gesamtwärmeökonomie des Organismus, die Anpassung an verschiedene Belichtung, die Spannung der Muskeln und Sehnen durch die diesen eigentümlichen Sehnenreflexe, die verschiedene Einstellung solcher Spannungen, je nachdem die willkürliche Innervation verschieden eingreift, und sehr vieles andere könnte hier genannt werden. Zu all dem bedarf es außer dem motorischen Teile des Reflexbogens eines rezipierenden Anteils. Ja Exner, dem wir besonders die Hinweise auf die Wichtigkeit dieser kurzen Reflexbogen und ihre Rolle im Organismus verdanken, hat sehr schön erläutert, wie überhaupt zum Zustandekommen wohl jeglicher Bewegung die Intaktheit der sensiblen Innervation erforderlich ist. Der Schluckakt z. B. zerfällt in einen willkürlich auslösbaren Teil und einen reflektorischen. Anästhesiert man durch Kokain den Rachen, so bleibt zwar die Fähigkeit zum ersten erhalten, der Bissen wird aber vom Ösophagus, dem nun keine sensiblen Eindrücke von ihm zugeführt werden können, nicht weiter befördert, es bleibt die Reflexaktion aus. Nun wird erst klar, warum die Schleimhaut der Speiseröhre so mächtige sensible Innervation besitzt, warum unter und in ihrem Epithel solche großen Plexus von Nervenfasern liegen. Ein anderes, wie mir scheint, gutes Beispiel für die Wichtigkeit rezipierender Regelung rein motorischer Vorgänge bietet die Bewegung unserer Finger. Bekanntlich ist diese recht gestört, die „Finger sind steif", wenn nur sensible Störungen in der Hand vorhanden sind. Das kann man künstlich erzeugen. Durchkältet man die Hand stark, so wird sie steif, unbeweglich, auch für Aktionen, die durch Muskeln ausgeführt werden, welche am Vorderarme wärmegeschützt liegen. Diese Muskeln können sich offenbar nicht normal kontrahieren, wenn sie von den Sehnen- und Gelenkenden her nicht regulierende Empfindungen erlangen können. Die steifen Finger, die

wir von einem Winterspaziergange nach Hause bringen können, beruhen auf einer Störung der Sensomobilität. Wahrscheinlich gehören viele Bewegungsstörungen der Hysterischen eben hierher.

Eine überreiche rezeptorische Innervation ist also erforderlich, nicht nur für zahllose Reflexvorgänge, sondern auch zur Regulierung vieler, anscheinend nur dem Willen unterworfener Bewegungen.

Unter „sensibler Innervation" darf man sich aber nicht nur Vorgänge denken, welche bewußt in die Empfindung treten. Hier werden alle die Vorgänge darunter verstanden, bei welchen von irgendeiner Stelle des Körpers her dem nächsten Ganglion oder dem Zentralapparat Eindrücke zugeführt werden. Ob sie weiter geleitet werden, ob sie von dem Träger wahrgenommen werden, das kommt für die Begriffbestimmung nicht in Betracht. Empfinden und Wahrnehmen sind nicht das gleiche.

Die allermannigfachsten Bahnen und Zentren dienen der Sensibilität und wir haben bei den Vertebraten, speziell bei dem Menschen, der über die Wahrnehmung einzelner Empfindungen ja Auskunft geben kann, schon eine ganze Anzahl verschiedener Gefühlsarten kennen gelernt.

Die sensible Kontrolle, deren einzelne anscheinend gleichartige Bewegungen bedürfen, ist nicht überall die gleiche. Namentlich kommen, wie es scheint, bei den höheren Tieren viel mehr regulierende Momente in Betracht als bei niederen. Aber auch die Säuger können gelegentlich durch Einübung usw. auf die eine oder andere Art der Kontrolle verzichten lernen, können auskommen mit dem, was auf tieferen Stadien der Entwicklung allein reguliert.

Sehr gut wird die Wichtigkeit der einzelnen Arten solcher sensiblen Regulierung von noch ganz elementaren motorischen Vorrichtungen illustriert durch einen geistvollen Versuch, den J. Richard Ewald angestellt hat. Nimmt man einem Hunde beiderseits die Labyrinthe weg, so erleidet der Gesamtmuskeltonus und damit das Vermögen, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, zunächst eine so enorme Störung, daß Gehen und Stehen ganz unmöglich wird. Aber das gleicht sich nach einiger Zeit wieder aus, die Bahnen für den Tastsinn usw. ersetzen zunächst mehr und mehr das Fehlende. Trägt man nun beiderseits dem gleichen Tiere die motorischen Rindenfelder für die Beine ab, so erscheinen jene schweren motorischen Störungen erneut, das Tier ist unfähig zu geordneten, ja zunächst überhaupt zu irgendwelchen ordentlichen Bewegungen. Auch hier tritt langsam ein Ausgleich ein. Aber der Hund ist jetzt in trauriger Lage, denn er ist für die Kontrolle seiner Bewegungen ganz allein auf seine Augen angewiesen. Hilflos stürzt er zusammen, wenn man das Zimmer verdunkelt oder ihm die Augen verbindet.

Niedere Vertebraten — Frösche z. B. — können den Defekt, welcher durch Labyrinthentfernung entsteht, nicht decken, weil bei ihnen die Möglichkeit, von der Hirnrinde aus mit anderen Formen des Gefühles ausgleichend zu arbeiten, ganz gering ist. Die bleiben nach Entfernung des Labyrinthes dauernd unfähig zum Springen.

Die kurze Übersicht, welche diese einleitenden Vorlesungen Ihnen, meine Herren, gegeben haben, läßt erkennen, wie kompliziert schon bei alltäglichen Verrichtungen der Mechanismus ist, auf dem sie sich abspielen. Wir wollen nun in den folgenden Vorlesungen das Zentralorgan selbst studieren und versuchen, ob es gelingt, in ihm wenigstens einen Teil dieses Mechanismus so zu erkennen, daß er zur Erklärung physiologischer und psychologischer Vorgänge benutzbar wird.

II. TEIL.

SPEZIELLE ANATOMIE DES SÄUGERGEHIRNES

MIT BESONDERER

BERÜCKSICHTIGUNG DES GEHIRNES DES MENSCHEN.

Fünfte Vorlesung.

Die Entwicklung des Gehirnes.

Die letzten Vorlesungen haben gelehrt, daß es zerstreute Nervenknoten mit motorischen und sensiblen Anteilen gibt, daß aber der größere Teil des zentralen Nervensystemes sich bei den höheren Tieren auf einen bestimmten Raum mehr oder weniger konzentriert. Es umfaßt dies konzentrierte Nervensystem bei den Vertebraten zunächst immer einen länglichen Strang, die Medulla spinalis, in welchen von außen her die sensiblen Nerven einmünden, während aus Zellen, die im Marke selbst liegen, die motorischen Nerven entspringen. Wo viele Nerven eintreten oder entspringen, ist der Zentralapparat dicker, ebenso da, wo auf engem Raume besonders mächtige Nerven abgehen. Namentlich im Kopfteile des Tieres ist das der Fall. Alle Kranioten besitzen deshalb da eine besondere Anschwellung, die Medulla oblongata. Ihr entstammen die Nerven für die Kiemenbogen, resp. für das Gebiet, welches aus jenen ableitbar ist.

Eine weitere Vergrößerung liegt weiter vorn, wo die bei fast allen Tieren mächtigen Sehnerven eintreten (Mittelhirndach) und schließlich findet man regelmäßig ganz vorn am Ende des Zentralnervensystemes eine meist mächtige Auftreibung, die Stätte, wo zunächst der Riechnerv sein Ende findet.

Im Rückenmark sowohl als weiter oben, bestehen aber noch Verbindungen einzelner Höhen untereinander. Dadurch kommen neue Vergrößerungen des Zentralapparates zustande. Schließlich gesellen sich zu dem ganzen bisher geschilderten Abschnitte immer noch andere Teile, welche nicht in direkter Beziehung zu den eintretenden Nerven stehen, wohl aber für einzelne Funktionen der Tiere ungemein wichtig werden können. So findet man zunächst dorsal vom verlängerten Marke bei allen Kranioten mehr oder weniger stark entwickelt das Kleinhirn, dann liegt ventral von der Endstätte des Optikus, und auch vor ihr, noch ein mächtiger Apparat, die Mittelhirnbasis und die Mittelhirnganglien, welcher Bahnen aufnimmt, die von unten her und von vorn her kommen und auch ebensolche aussendet. Schließlich entwickelt sich immer vor dem Zwischenhirn und dorsal von der Endstätte des Riechnerven das Stammganglion des Vorderhirnes, dem sich ein Hirnmantel zugesellen kann.

Bekanntlich reicht die Existenz des Rückenmarkes ganz allein aus, niedere Tiere zu relativ komplizierten Leistungen zu befähigen. Man kann anatomisch und auch durch das Experiment verfolgen, wie sich an Wertigkeit verschieden und mannigfach wechselnde Stufen der Ausbildung erreichend, die verschiedenen Hirnteile in der Tierreihe zum Rückenmarke zuaddieren, die Leistungsfähigkeit des Organismus so wesentich steigernd.

Amphioxus besitzt im wesentlichen nur den metamer angelegten Strang zur Aufnahme und Abgabe der Nerven; was er von Hirnteilen hat, ist so gering, daß es nach jahrzehntelangen Untersuchungen, an denen unsere besten Männer sich beteiligt hatten, doch erst in letzter Zeit — durch Kupffer — aufgefunden werden konnte. Dem physiologischen Versuche gegenüber ist der Hirnabschnitt überhaupt noch refraktär geblieben. Geköpfte Amphioxen verhalten sich ganz ebenso, wie solche, die das spitze vordere Körperende noch besitzen, Steiner. Aber alle kranioten Wirbeltiere besitzen frontal vom Rückenmarke zum mindesten noch die vorhin erwähnten Hirnteile. Aber welche Mannigfaltigkeit der Ausbildung weisen die einzelnen Teile auf! Wahrlich kaum etwas Lehrreicheres und Interessanteres auf morphologischem Gebiete läßt sich finden als ein Blick auf das Werden des Gehirnes, auf das Vortreten oder Zurücktreten einzelner Teile, auf die Entwicklung ungeheurer Massen aus Teilen, die bei anderen Tieren noch rein epitheliale Häute darstellen.

Die vergleichend anatomische Betrachtung läßt am schnellsten eine Übersicht über die Gesamteinteilung des Zentralnervensystems gewinnen.

Man unterscheidet am besten den Primärmechanismus, einen Apparat, welchen alle Tiere besitzen, von dem später erst hinzutretenden pallialen Abschnitte mit den ihm zugehörigen Thalamusganglien. An dem Fischgehirne, das ich in Fig. 23 vorlege, ist nur der Primärapparat vorhanden.

Die helleren Partien sind die Ursprungs- und Endstätten der Nerven; die als Tectum mesencephali bezeichnete Masse z. B. ist die Endstätte der Sehnerven aus den Retinazellen. Dahinter liegt die Oblongata, ebenfalls eine dicke Masse, weil die starken Nerven aus der Kopf- und Rumpfhaut, welche bei den Fischen dort Sinnesorgane versorgen, hier eindringen, dann folgt das etwas dünnere Rückenmark, aus dem alle motorischen und die Mehrzahl der sensiblen Rumpfnerven stammen.

Über dem verlängerten Marke liegt das Kleinhirn, ein wahrscheinlich dem Muskeltonus und der Statik dienender Apparat, der nur bei wenigen im Schlamm lebenden Tieren fehlt oder minimal ist, während er bei den Schwimmern sich zu beträchtlicher Größe entwickelt. Unter dem Mittelhirndache erkennt man das bei den Fischen immer etwas versteckt liegende Zwischenhirn und vor diesem das große Stammganglion des

Vorderhirnes, einen allen Vertebraten gemeinsamen Besitz. An seiner Basis liegt der Riechlappen, in welchen die aus der Nase kommenden Fila olfactoria münden.

Der Primärmechanismus des Gehirnes kann in einzelnen Teilen, bei einzelnen Arten, ganz besonders hohe Komplikationen erfahren, die bei anderen wieder fehlen, trotzdem er im ganzen überall dem gleichen Bauplane folgt. Die Hirnnervenkerne der Fische sind z. B. viel komplizierter, als die des Menschen, aber es hat keine zu große Schwierigkeit, zu erkennen, daß es sich nur um Ausbildungen und Rückbildungen an sich identischer Teile handelt. Zu diesem altererbten Primärapparat gesellt sich von den Selachiern an, sicherer erst von den Amphibien,

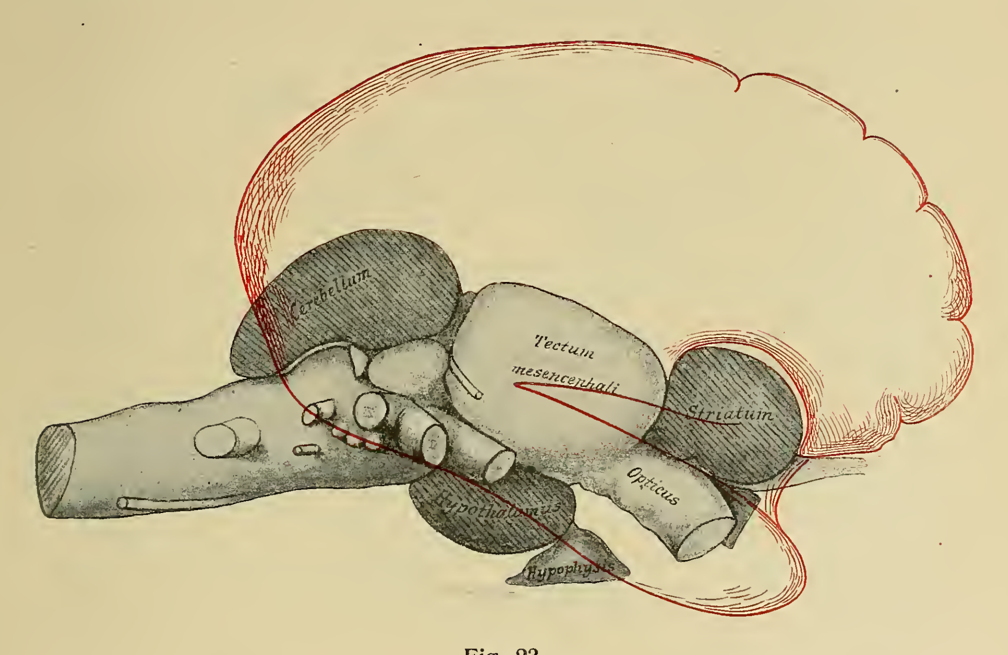


Fig. 23.

Gehirn des Schellfisches, Gadus aeglefinus. Nur der Primärapparat vorhanden. Rot ein Säugergehirn mit pallialem Abschnitt übergezeichnet.

ein zweiter Apparat, der palliale. Das Pallium oder der Mantel des Vorderhirnes ist der Träger der Hirnrinde. Von einer dünnen Platte aus entwickelt es sich innerhalb der Tierreihe an Masse zunehmend allmählich zu einem mächtigen, vielgefalteten Apparate, aus dem zahlreiche Nervenbahnen herab zu anderen Hirnteilen gelangen, innerhalb dessen zahllose Verbindungen der einzelnen Oberflächenteile einherziehen. Die ganze Masse lagert sich dorsal vom Primärapparate als Hemisphären des Vorderhirnes. Es bietet ein ungewöhnlich großes Interesse, die Entwicklung dieses Pallialabschnittes des Gehirnes innerhalb der Tierreihe zu verfolgen, weil er der Träger all der Funktionen ist, welche man als die höheren geistigen Leistungen bezeichnet.

In die Zeichnung des Schellfischgehirnes habe ich mit einer roten Linie den Pallialabschnitt eingetragen, damit sie mit einem Blicke übersehen, was zu einem niederen Vertebratengehirn hinzutritt, wo die Charakteristik des Säugergehirnes und speziell des menschlichen Gehirnes liegen. Wir werden ja später, wenn ich ihnen die vergleichend anatomischen Dinge vorzutragen habe, auf all dieses näher zurückzukommen haben.

Wenn Sie dann diese Entwicklung in der Stammesreihe mit mir durcharbeiten, werden Sie erkennen, wie sich allmählich das Ganze aufbaut, wie es wurde und wie es noch ständig in Änderung, im Abnehmen da und im Zunehmen dort begriffen ist.

Physiologisch und hoffentlich dereinst auch in psychologischer Beziehung bieten diese Dinge noch ein besonderes Interesse. Es ist gewiß zu beklagen, daß sie hier noch ganz ungenügend gewürdigt sind.

Zunächst aber interessiert Sie, schon aus rein praktischen Gründen, das Gehirn des Menschen und das der Säuger. Seine Entwicklung soll der Gegenstand der nächsten Darlegung sein. Dabei wird oft genug auf die etwas einfacheren Verhältnisse in der Entwicklung der niederen Vertebraten zu rekurrieren sein.

Daß die ganze Anlage des Nervensystems aus dem äußeren Keimblatte geliefert wird, daß diese Anlage von einem Streifen, der bald zur Rinne sich einsenkt, gebildet wird, das wissen Sie aus einer früheren Vorlesung. Schon sehr früh schließt sich die Medullarrinne zum Medullarrohre. Aber schon ehe dieser Schluß vollendet ist, erkennt man bei allen Wirbeltieren an der Stelle, wo das Gehirn sich entwickelt, drei bläschenförmige Ausbuchtungen: das Vorderhirn (Proencephalon), das Mittelhirn (Mesencephalon) und das Hinterhirn (Rhombencephalon). Die Wand, welche vorn frontal das Vorderhirn abschließt, wird embryonale Schlußplatte, Lamina terminalis, genannt, weil hier der Schluß der ursprünglich flächenförmig ausgebreiteten Hirnanlage in einer Naht erfolgt ist.

Eine kleine Ausstülpung, welche bei den niederen Vertebraten dauernd, bei den Embryonen der höheren Vertebraten vorübergehend in der Schlußplatte nachweisbar ist, zeigt nach His den frontalsten, zuletzt geschlossenen Teil der Hirnhöhle an — Recessus neuroporicus. Kupffer hält sie für einen Lobus olfactorius impar, weil sie, ähnlich wie die Anlage eines Sinnesapparates, sich einer kleinen Epithelansammlung der Haut innig anlegt. Vielleicht haben wir den Rest eines uralten Sinnesorganes vor uns.

Der Schnitt durch die Larve des Störes, den ich hier vorlege, enthält, wie die weitere Darlegung zeigen wird, Anlagen der allermannigfachsten Art für die Weiterentwicklung der einzelnen Hirnteile. Nicht alle kommen zur Ausbildung, viele bleiben beim Stör fast auf der Stufe stehen, die hier abgebildet ist; aber bei den höheren Wirbeltieren verwandeln sich die einzelnen kleinen Abschnitte des Hirnrohres in wich-

tige Gebilde, deren Entwicklung dann für die einzelnen Klassen eine sehr verschiedene sein kann.

Zunächst soll unsere Aufmerksamkeit die kleine Epithelplatte am dorsalen Ende der Schlußplatte fesseln. Hier entsteht nämlich bei den meisten Vertebraten jederseits aus demjenigen Teile des Vorderhirnes, welcher dorsal und lateral von der Schlußplatte liegt, ein neues mächtiges Gebilde, das Endhirn — Telenkephalon, eine ganz vorn und dorsal sitzende grosse Blase. Bei dem Stör ist nur eben die Anlage des Telenkephalon vorhanden, aber an dem menschlichen Embryo, den Fig. 25 abbildet, sehen Sie sehr gut, wie sich dorsolateral von der Lamina terminalis die mächtige Hemisphärenblase ausgestülpt hat.

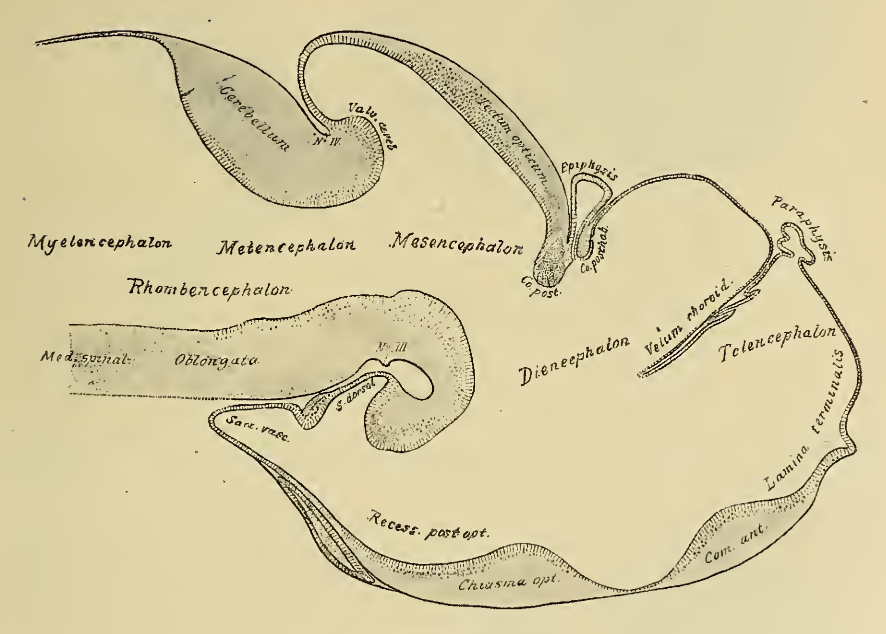


Fig. 24.

Medianschnitt durch den Kopf einer 4 Mon. alten Larve des Störs, Acipenser sturio, nach C. v. Kupffer.

Die Hemisphären, welche anfangs sehr unscheinbare kleine Gebilde sind, wachsen bei den Säugern als Großhirn bald enorm aus, krümmen sich nach rückwärts und überdecken so allmählich die meisten anderen Blasen. Sie sitzen schließlich einer Kappe gleich über dem Zwischenhirn (Thalamus), dem Mittelhirn (Corpora quadrigemina) und dem Hinterhirn (Cerebellum und Pons).

Natürlich kommunizieren die Hohlräume der verschiedenen Gehirnblasen, welche später Ventrikel des Gehirns heißen, trotz dieser Rückwärtsbeugung der vordersten Blase weiter miteinander. Das ist aus Fig. 26 ohne weiteres ersichtlich, weil der Sagittalschnitt da alle medialen Hohlräume eröffnet hat.

Aus dem ursprünglichen Vorderhirn haben sich also zwei Gebilde entwickelt. Gewöhnlich nennt man von nun ab das Telencephalon Vorderhirn, während demjenigen Teil der ursprünglich vordersten

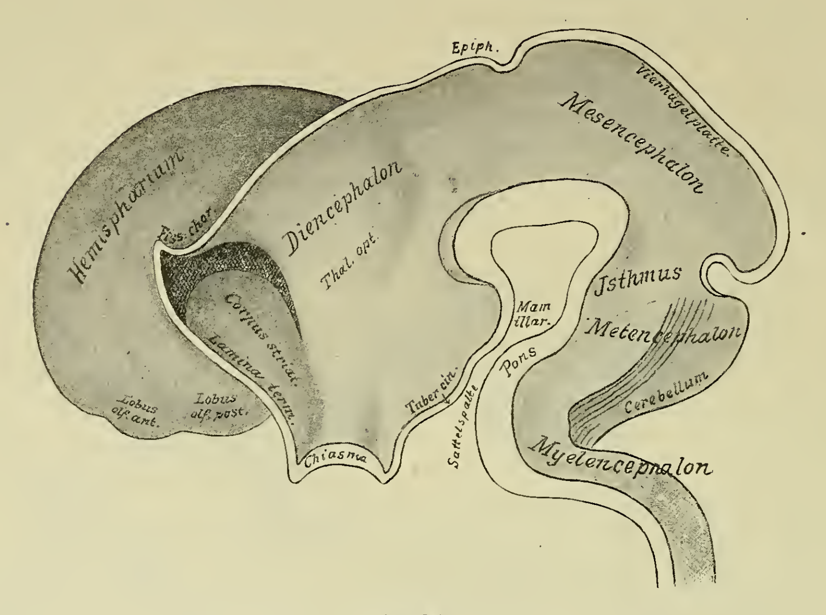


Fig. 25.
Medianschnitt durch das Gehirn eines menschlichen Embryo aus der 5. Woche, nach His.

Hirnblase, welcher nicht in die Hemisphären aufgegangen ist, der Name Zwischenhirn Diencephalon gegeben wird.

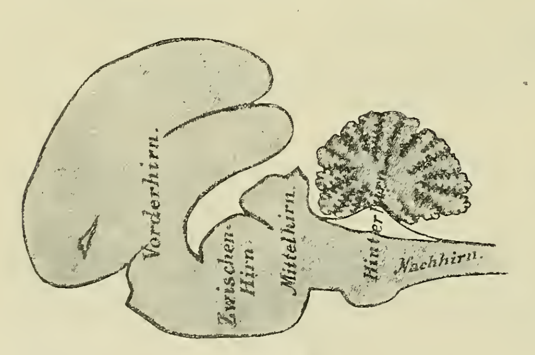


Fig. 26.
Längsschnitt durch das ganze Gehirn einer neugeborenen Katze; das Zwischen- und Mittelhirn vom Vorderhirn bedeckt. Vergr. 1 : 2.

Bei allen Säugern verdicken sich nun allmählich die Wände der Hemisphären. Man erkennt aber bald, daß das keineswegs gleichmäßig erfolgt. Nahe der Basis legen sich die Lobi olfactorii als dickwandige Massen an und hinter ihnen entwickelt sich ein mächtiger Körper, das Striatum, ebenfalls auf dem Hirnboden. Diese Massen sind dann durch eine Furche von einem mehr dorsalen Abschnitt geschieden, dem Mantel oder Pallium, dessen Wände relativ spät erst dick werden. Hier geben sich uralte Verhältnisse kund. Bei allen Vertebraten entwickelt sich der basale Abschnitt,

das Stammganglion und die Riechlappen, aber nur bei den höheren erreicht das Pallium nennenswerte Ausbildungen. Das Pallium aber ist derjenige Abschnitt des Gehirnes, welcher später die Rinde tragen und dadurch das Organ sein wird, an dessen Aufbau sich alles höhere Seelenleben knüpft. Das Pallium des Störes z. B. bleibt zeitlebens so dünn wie es Fig. 24 vom Embryo abgebildet ist.

Die Hemisphären sind bei den Säugern am höchsten ausgebildet und hier auch am besten studiert. Ihre Entwicklung soll deshalb auch hier speziell für die Säuger geschildert werden, während eine Darstellung dessen, was aus den Hirnteilen wird, welche kaudal von dem Hemisphärengehirn liegen, besser sich später geben läßt, wenn wir die Gehirne niederer Tiere kennen lernen, wo gerade das Zwischenhirn, das Mittelhirn und auch das Hinterhirn besondere Ausbildungsformen zeigen, die bei den Säugern teils wenig sichtbar, teils ganz verloren sind.

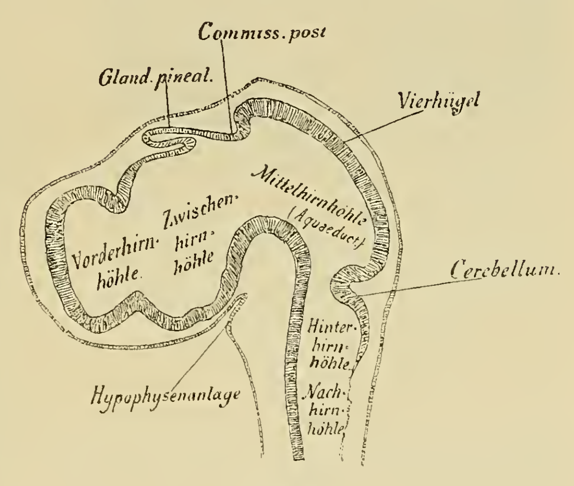


Fig. 27.

Längsschnitt durch den Kopf eines Hühnerembryos von $4^1/_2$ Tagen. Die 5 Hirnblasen meist deutlich von einander abgegrenzt. Am Dache des Zwischenhirns eine Ausspülung, welche später zur Glandula pinealis wird. Das Epithel des Gaumens stülpt sich nach der Hirnbasis zu ein und bildet so die erste Anlage eines Teiles der Hypophysis. Nach v. Mihalkovics.

Das Dach des Zwischenhirns bleibt zeitlebens fast in seiner ganzen Länge eine einfache Epithelschicht. Da wo es in das Hemisphärenhirn übergeht, wachsen aus der Schädelhöhle reichliche Gefäße herunter, welche diese Epithelplatte vor sich hertreiben. Der so in die Hirnhöhle hineinragende epithelbedeckte Gefäßzapfen heißt Plexus chorioideus. Da die Hemisphären aus dem Zwischenhirn herausgewachsen sind, so muß ihr medialer Rand in jenen Plexus übergehen. Auf dem Fig. 28 abgebildeten Frontalschnitt durch das Vorderhirn eines frühen menschlichen Embryos wird das deutlich. Auf diesem sehen Sie auch, daß die Höhle des unpaaren Vorderhirnes als Ventriculus medius, die der Hemisphären als Ventriculus lateralis bezeichnet wird. Der Plexus chorioideus sendet in die Seitenventrikel Ausläufer, Plexus chorioidei laterales. Die Stelle, wo die Hemisphärenwand in die einfache Epithelschicht übergeht, wird als Rand der Hemisphäre bezeichnet. Dieser Rand ist in seiner ganzen Länge später durch ein weißes Faserbündel, den Fornix, markiert. Die helle Linie Fig. 26 an „Fiss. chorioidea" ist der Rand.

Wenn die wichtigsten Teile des menschlichen Vorderhirnes sich einmal gesondert haben, dann hat es die in Fig. 29 wiedergegebene Gestalt. Es ist nach hinten ausgewachsen und auch nach unten hat es sich gekrümmt. Da wo innen in den hohlen Raum der Hemisphären das Corpus striatum hineinragt, hat sich die Außenwand nicht so ausgedehnt, wie an den anderen Vorderhirnteilen. So ist im Verhältnis zur Umgebung dort eine Vertiefung zurückgeblieben, die Fossa Sylvii. Leicht kann nun an den Hemisphären auch schon ein vorderer oder Frontallappen, ein hinterer oder Occipitallappen, zwischen beiden ein Parietallappen unterschieden werden. Der nach unten von der Fossa Sylvii liegende Teil der Hemisphärenwand heißt Temporallappen. Innen sind die Hemisphären hohl, und folgt die Ventrikelhöhle natürlich der allgemeinen Hirnform. Man hat den Ventrikel-

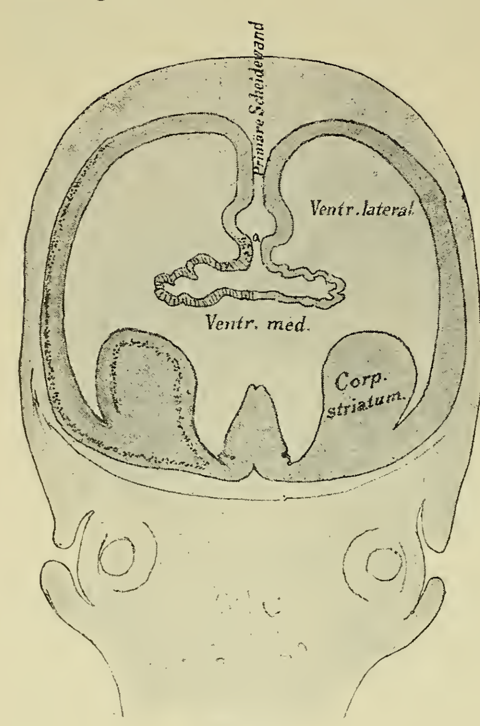


Fig. 28.

Frontalschnitt durch den Kopf eines menschlichen Embryo von $2^1/_2$ Monaten, zeigt die Einstülpung der Vorderhirnblase (etwas schematisiert) und die Anlage des Corpus striatum.

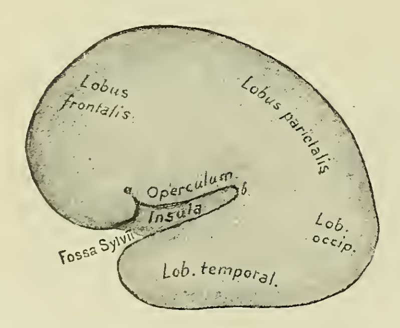


Fig. 29.

Das Gehirn einer menschlichen Frucht aus dem vierten Schwangerschaftsmonate.

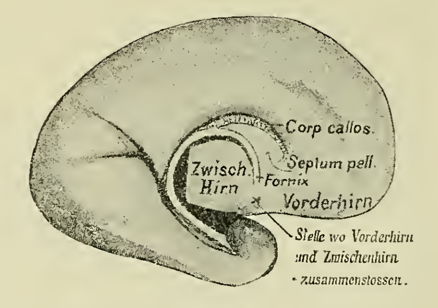


Fig. 30.

Innenansicht der auf Fig. 29 abgebildeten embryonalen Hemisphäre; zeigt den inneren unteren Rand der Hemisphäre, welcher zum weißen Markstreif des Fornix verdickt ist. Derselbe wird aber erst nach der Geburt markweiß.

teil, welcher im Stirnlappen liegt, als Vorderhorn, den im Hinterhauptlappen als Hinterhorn und den im Schläfenlappen als Unterhorn bezeichnet. In diesem Entwicklungsstadium verlangt unser besonderes Interesse noch die mediale Hemisphärenwand. Daß dieselbe an ihrem ventralen Rande überall in das Epithel des Plexus chorioides übergeht, haben Sie vorhin erfahren. Das ändert sich auch nicht, wenn sie sich mit dem Schläfenlappen nach unten krümmt. Von der Basis der embryonalen Schlußplatte bis in die Spitze des Schläfenlappens zieht im Bogen, diesen Rand bezeichnend, der Fornix daher. Im vorderen Teil des Gehirnes entwickeln sich etwas dorsal vom Fornix die Balkenfasern. Sie ziehen zwischen beiden Hemisphären in einer Linie dahin, welche zum Fornix in spitzem Winkel steht. Das Stück, das zwischen Balken und Fornix übrigbleibt, das also aus zwei dünnen Blättern der primären Hemisphärenscheidewand besteht, ist das Septum pellucidum. Das sind wichtige Verhältnisse, die ich Sie genau an den gegebenen Abbildungen zu studieren bitte.

An dem Fig. 28 abgebildeten Schnitte erkennen Sie ein anatomisches Verhältnis, dessen bislang noch nicht näher gedacht wurde. — Am Boden des Vorderhirnes liegt eine Verdickung der Wand, welche frei in den Ventrikel hineinragt, das Stammganglion, Corpus striatum. Viele Fasern, welche im Vorderhirn entspringen und zu tiefergelegenen Teilen des Zentralnervensystems ziehen, müssen, um dorthin zu gelangen, mitten durch das Corpus striatum hindurch. Es wird von den durchpassierenden Fasermassen in zwei Teile gespalten, in einen äußeren und einen inneren. Man hat den ersten Nucleus lentiformis, den letzteren Nucleus caudatus benannt. Die Fasermasse zwischen beiden hat den Namen Capsula interna empfangen. Beim Embryo von 4 Monaten ist die Teilung des Corpus striatum bereits deutlich, Nucleus lentiformis und Nucleus caudatus erscheinen als selbständige graue Massen.

Das Corpus striatum liegt der ganzen Länge des Hemisphärenbodens an. Hinten ist es jedoch sehr schmal, und es bleibt eigentlich nur der mediale Teil überall nachweisbar, der als Schwanz des Nucleus caudatus auf allen Querschnitten durch das Großhirn getroffen wird. Der laterale Teil, der Nucleus lentiformis, ist bedeutend kürzer. Der Nucleus caudatus ragt frei in den Ventrikel hinein. Auch der Nucleus lentiformis tut es anfangs. Im späteren Embryonalleben aber wird die schmale Spalte zwischen ihm und der Hemisphärenwand so eng, daß sie nicht mehr nachweisbar bleibt. Immer aber kann man die Hemisphärenwand, auch beim Erwachsenen noch, ohne Zerreißung von Fasern vom äußeren Rande des Nucleus lentiformis abziehen. Beim ausgewachsenen Gehirn kommt die Stelle des einstigen Spaltes sogar zuweilen zu wichtiger Geltung. Dort erfolgen nämlich ganz besonders leicht die Hirnblutungen, und die austretende Blutmasse erfüllt, wenn sie noch nicht zu groß ist, den Raum zwischen Hemisphärenwand und Außenglied des Linsenkerns.

Kehren wir nun wieder zu der Figur 27 zurück und lassen Sie uns untersuchen, was aus den anderen Teilen der dorsalen Gehirnwand

wird, die nicht zu Plexus und Hemisphären verwandt werden. Aus dem Dache des Zwischenhirnes gehen bei allen niederen Vertebraten sehr gut charakterisierte Gebilde hervor, bei den Säugern aber haben derartige Rückbildungen stattgefunden, daß von diesen, welche Sie im vergleichend anatomischen Abschnitte der Vorlesungen kennen lernen werden, nur frontal der Plexus chorioideus und kaudal die schädelwärts gerichtete Ausstülpung der Epiphyse nachweisbar bleiben. Eine bei den niederen Vertebraten, besonders bei den Reptilien, sehr deutliche, frontal von der Epiphyse liegende Ausstülpung, die bei den Reptilien zu einem Optikus mit unpaarem Auge wird, ist bei den Säugern ganz verschwunden.

Kaudal von der Epiphyse treten zahlreiche Kommissuren aus einer Mittelhirnhälfte in die andere. Das Dach heißt hier Kommissurenplatte. Es bleibt zeitlebens dünn. Das nun folgende Mittelhirndach aber verdickt sich wieder zu einer besonders bei den Embryonen mächtigen Masse, der Vierhügelplatte. Auch hier liegt eine Erinnerung an alte Stammverhältnisse vor. Bei den niederen Vertebraten stammt nämlich fast der ganze Sehnerv aus dieser oft ungeheuren Platte — vgl. Fig. 23 vom Schellfische — bei den Säugern enden die meisten Sehnervenfasern seitlich am Thalamus. Die große Masse, welche in diesem Igelgehirn Fig. 31 hinter den Hemisphären liegt, ist die Vierhügelplatte. In ihr entstehen später die Vierhügelganglien.

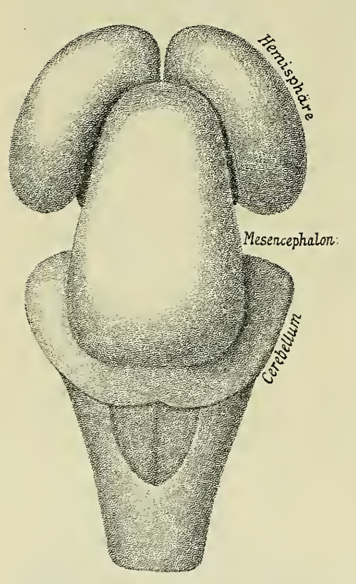


Fig. 31.
Blick von oben auf ein embryonales Igelgehirn nach Gösta Grönberg.

Das Dach setzt sich dann kaudalwärts als Velum medullare anticum direkt in eine weitere Verdickung fort, in das Cerebellum. Das Kleinhirn ist eigentlich ein paarig angelegter Hirnteil, die Verdickung der dorsalen Wand, welche seine Anlage bildet, ist medial am kleinsten.

Schließlich geht die Dachplatte, hinter dem Kleinhirn wieder zu einer feinen Membran verdünnt, Velum medullare posticum, in den Dorsalabschnitt des Rückenmarksgraues über.

Der Ventrikel unter dem Dache erstreckt sich von dem Mittelhirn an enger werdend, bis in den kaudalsten Abschnitt des Rückenmarkes.

Die basalen und lateralen Abschnitte des Nervenrohres lassen natürlich auch massive Gebilde aus sich hervorgehen. Beiderseits in der Zwischenhirnwand entwickeln sich die Thalami optici, in der Mittelhirnwand und Basis treten verschiedene Ganglien auf und zahl-

reiche Fasermassen aus den Hemisphären zum Zwischenhirn, aus diesem weiter kaudal, Bahnen zum Rückenmarke usw. lagern sich an die Mittelhirnbasis. Dadurch entsteht hier eine mächtige Verdickung, die Hirnschenkelhaube und der Hirnschenkelfuß. Aus dem basalen Abschnitte des Hinter- und Nachhirnes entwickeln sich die Kopfnerven, ebenda treten solche Nerven aus Kopfganglien kommend ein, und mächtige Bahnen zu allen Hirnteilen, Assoziationszüge, zwischen Hirnnervenenden und Mittelhirn, Züge zum Kleinhirn, Eigenkerne, wie die großen Oliven usw. führen auch in der Hinter- und Nachhirnbasis zu Gewebsansammlungen, der Brücke und der Oblongata.

Das Gehirn des Menschen und seine Kenntnis liegt Ihren bisherigen Studien so nahe, daß es sich schon verlohnte, seine Entwicklung etwas näher zu beschreiben. Da uns in diesen Vorlesungen aber nicht der Mensch allein interessiert, so lassen Sie uns nun untersuchen, wie sich, nachdem die ersten Entwicklungsvorgänge, welche allen Tieren gemeinsam sind, einmal abgelaufen sind, das Gehirn eines anderen Wirbeltieres gestaltet. Ich demonstriere deshalb das Gehirn eines Reptiles, unserer Eidechse, das wenig seitlich von seiner Mittellinie durchschnitten ist. Man kann an ihm sehr gut die einzelnen Teile eines Wirbeltiergehirnes erkennen, weil auch bei den ausgewachsenen Reptilien die Verhältnisse sehr viel einfacher liegen als bei den Säugern.

Die Mitte der Abbildung nimmt der Hohlraum des Zwischenhirnes ein. Seine Abgrenzung dorsal ist fast ausschließlich aus Epithelplatten gebildet, die in mannigfachen Ausbuchtungen verlaufend, uns später näher beschäftigen werden. Auch ventral ist die nach hinten zu einem Sacke, dem Recessus infundibularis, ausgestülpte Wand nur dünn. Die Hypophysis liegt ihr dicht an. Die Seitenwände sind nicht abgebildet, sie enthalten die Thalamusganglien. Die dorsale Zwischenhirnwand setzt sich direkt in den Hirnmantel, das Pallium fort, welcher die Wand des Hemisphärengehirnes ist. Die Basis dieses schon bei den Eidechsen mächtigen Hirnteiles wird vom Stammganglion und vom Riechapparate eingenommen. Kaudal schließt sich dem Zwischenhirn das Mittelhirn an, dessen dorsaler Abschnitt als Corpus opticum bezeichnet ist, weil hier die erste Endstätte des Sehnerven liegt, während der ventrale als Haubenwulst und als Basis mesencephali bezeichnete Abschnitt fast ausschließlich Faserzüge und nur wenige kleine Kerne enthält. Mit einer starken Einknickung geht das Corpus opticum in das Cerebellum über. In diesem Winkel liegen bei allen Wirbeltieren zwei mächtige Faserkreuzungen, von denen die vordere dem Nervus trochlearis angehört. Das Kleinhirn bedeckt schon einen Teil der Oblongata. Der größere aber liegt, bei den Eidechsen wenigstens, frei und nur von einem dünnen Plexus chorioides, dem Plexus ventriculi quarti bedeckt. Dann verengert sich der Hohlraum des Zentralorganes mehr und mehr und durchzieht schließlich als ein feiner Kanal die

ganze Länge des letzten Abschnittes des Zentralnervensystems, des Rückenmarkes.

Der Anblick der kleinen Gehirne, die ich Ihnen eben vorgelegt habe, hat vielleicht schon die Frage bei Ihnen erweckt, wie wächst das Gehirn? Und der Vergleich mit dem reich gefurchten erwachsenen Organ, die nächste, wann etwa hat das Gehirn die Form und Größe erreicht, die es für die größere Zeit des Lebens, also bis dahin, wo das Alter Schwundprozesse hervorruft, behält?

Wenn das Gehirn das Organ ist, an dessen fehlerloses Funktionieren der normale Ablauf der seelischen Prozesse geknüpft ist, dann lohnt es sich sehr wohl, zu wissen, wie lange sich noch etwa neue Gewebselemente bilden können und auf Zunahme welcher Teile das Wachstum des Ganzen beruht. Nun sind leider die Untersuchungen, welche uns

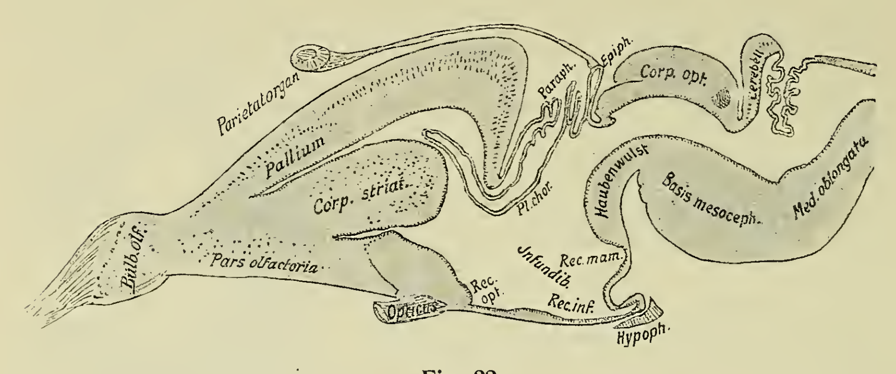


Fig. 32.

Reptiliengehirn. Schema eines Sagittalschnittes.

diese wichtigen Dinge beantworten könnten, noch sehr wenig weit gediehen. Es fehlen noch völlig Untersuchungen über die Anzahl der Teilungsvorgänge an Ganglienzellen verschiedener Hirnteile in postembryonaler Zeit. Bis jetzt hat man solche Teilungsvorgänge an den Kernen der zentralen Zellen nur sehr selten gefunden, so daß es scheinen möchte, als habe das Gehirn, das etwa im 7. Lebensjahre annähernd Form und Gewicht des erwachsenen Organes erlangt hat, bis dahin seine Ganglienzellen alle angelegt.

Auch der von Schiller gebrachte Nachweis, daß der dünne Okulomotorius neugeborener Katzen kaum weniger Fasern enthält, als der starke Nerv erwachsener Tiere, spricht für die Annahme eines frühen Beendens der Zellbildung. Doch gibt es auch entgegenstehende Angaben. So fand Kayser in der Halsanschwellung des Rückenmarkes Neugeborener nur etwa halb so viele Ganglienzellen als am gleichen Platze bei einem 15jährigen Knaben. Der bei dem letzteren erhobene Befund unterschied sich allerdings dann kaum noch von demjenigen, welchen eine Zählung am Halsmarke eines reifen Mannes ergeben hatte. Auch Zählungen, die Birge u. a. am Froschrückenmarke vorgenommen haben, sprechen durchaus dafür, daß bei diesem Tiere noch lange im reifen Leben die Ganglienzellen sich vermehren.

Wahrscheinlich kommt das allermeiste, was postembryonal beim Menschen Hirnvergrößerung erzeugt, auf Auswachsen von Fibrillen aus vorhandenen Ganglienzellen und auf die wohl während des ganzen Lebens weitergehende Markscheidenbildung. Auch Donaldson, dem wir ein vortreffliches Buch über das Wachtum des Gehirnes verdanken, kommt zu ähnlichem Schlusse.

Über die **Entwicklung der peripheren Nerven** habe ich Ihnen schon in der vorigen Vorlesung Mitteilung machen können. Ist das Zentralnervensystem in seiner Ausbildung einmal soweit gediehen, dass die Hauptteile sich wohl abgrenzen lassen, so erkennt man, daß vom Zwischenhirn an bis hinab an das Ende des Rückenmarkes der zentrale Hohlraum (Ventrikel, Zentralkanal) von grauen ganglienzellenreichen Gewebsmassen umschlossen ist. Vom Mittelhirn ab sehen wir aus diesen die peripheren Nerven abtreten. Die motorischen Nerven stammen aus Zellgruppen im Grau und treten fast alle an der ventralen Seite vom Zentralorgan ab. Die sensorischen Nerven entspringen mit dem größten Teil ihrer Fasern aus dem Zentralorgan dicht anliegenden Ganglien. Aus den Ganglien senkt sich für jeden sensiblen Nerven eine Anzahl „Wurzelfasern“ dorsal in das zentrale Nervensystem ein. Die meisten sensorischen Wurzelfasern geraten nicht weit vom Ganglion schon in die graue Substanz, einige ihrer Anteile aber laufen erst eine Strecke weit in oberflächlichen Schichten vor- oder rückwärts, ehe sie dort enden. Man bezeichnet diese Anteile als auf- und als absteigende Wurzeln.

Abstammung und Anordnung der Ganglien bieten sehr viel Interessantes und Lehrreiches.

Zunächst zeigt die früheste Entwicklungsgeschichte, daß es sich in diesen peripheren Gebilden um echte Abkömmlinge des Zentralnervensystems handelt, um Teile, die sich nur schon sehr früh von jenem abgelöst haben.

In der vorigen Vorlesung schon haben Sie erfahren, daß die Ganglien aus dem Randstreifen der Medullarplatte hervorgehen. S. bes. Fig. 16 u. 17. Wir bezeichnen die so entstehenden Ganglien als Primärganglien. Aus solchen Primärganglien gehen ganz direkt die Spinalganglien hervor. Die Primärganglien der Hirnnerven aber treten mit dem Ektoderm oder, richtiger gesagt, nunmehr mit der embryonalen Epidermis für die Dauer einer gewissen Entwicklungsperiode von neuem in Kontakt und bilden mit dieser zusammen Anlagen primärer Sinnesorgane. Jeder Hirnnerv gewinnt zwei solcher Kontakte oder Sinnesanlagen an typisch lokalisierten, zu zwei Längsreihen geordneten Stellen: eine mehr dorsal gelegene, die „dorso-laterale“ oder „Kupffersche“, und eine mehr ventral gelegene, die „epibranchiale“ oder „Froriepsche Anlage“. S. Fig. 33.

Alle dorso-lateralen Anlagen finden sich in einer Längslinie, die vorn in der Riechgrube beginnt, durch die Gehörgrube verläuft und

bei niederen Wirbeltieren als „Seitenlinie“ sich auf den Rumpf fortsetzt. Alle epibranchialen Anlagen liegen in einer Längslinie, die vorne in der Linsengrube beginnt und sodann genau am dorsalen Rande aller Kiemenspalten entlang läuft. Von den ersteren Anlagen persistieren zwei und entfalten sich zu bleibenden Sinnesorganen: die Riechgrube und die Gehörgrube. Die Froriepschen Anlagen dagegen haben durchweg nur embryonale Existenz und wurden deshalb von ihrem Entdecker als ontogenetisch erhaltene Rudimente verloren gegangener, anzestraler Sinnesorgane gedeutet und „Kiemenspaltenorgane“ benannt.

Während also die Spinalganglien nur aus der Ganglienleiste hervorgehen, d. h. nur dem Zentralnervensystem entstammen, haben die Kopfnerven noch zwei andere, der Epidermis entstammende Anteile in sich aufgenommen.

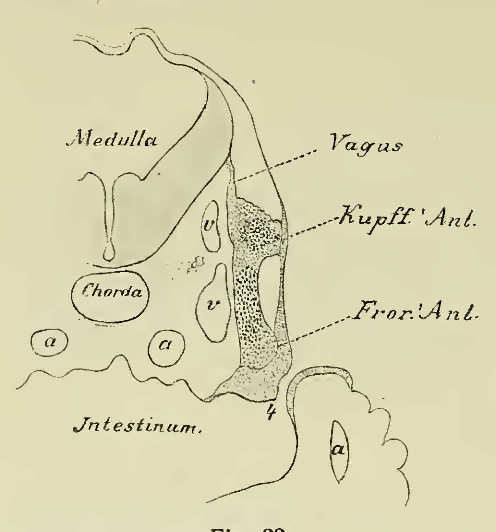


Fig. 33.
Querschnitt durch den Hinterkopf eines Selachierembryos von 12 mm, in der Höhe der 4. Viszeralspalte; zeigt das Vagusganglion mit seinen zwei Epidermisverbindungen, der lateralen oder Kupfferschen und der epibranchialen oder Froriepschen Anlage. *a, a* Arterien, *v* Vena jugularis, 4 Kiemenspalte. Nach Froriep.

Nachdem man einmal erkannt hatte, daß die richtige Deutung der Hirnnerven bei niederen Tieren und beim Menschen gar nicht anders als durch entwicklungsgeschichtliche Sudien zu gewinnen ist, hat man in den letzten Jahren sehr viel Mühe und Scharfsinn auf das Studium dieser „Kopfganglien“ verwendet. Außer den genannten Autoren sind wir für viel wichtiges namentlich noch Beard, Dohrn und Chiarugi zu Danke verpflichtet.

Das Kopfende des Skelettes setzt sich anzestral aus einer Anzahl von gleichwertigen Abschnitten zusammen, die noch nicht ganz sicher ermittelt ist.

Wahrscheinlich gibt die Zahl der Ganglien und die Art der Nervenwurzeln hier noch Hinweise und so erscheint es als wichtige Aufgabe, zu ermitteln, wie viele wirkliche Nervenpaare am Kopfe vorhanden sind. In zweiter Linie erst kann erkannt werden, wie sich jene Paare zu den Hirnnerven zusammengelegt haben, welchen wir beim reifen Tiere begegnen. Bei der Umwandlung werden dann auch noch einzelne vorher wichtige und große Nervenbahnen überflüssig und verschwinden, andere ändern ihre Verlaufsrichtung und wieder andere gelangen zu Organen, die während der Stammesgeschichte oder der Individualentwicklung zunächst eine vom reifen Zustand ganz verschiedene Funktion und Bedeutung gehabt haben. Ich will zur Illustration sie daran erinnern, daß,

wenn aus den embryonalen Kiemenanlagen später wichtige Teile des Schädels und des Gehörapparates hervorgehen, die Kiemennerven die Umwandlung natürlich mitmachen. Sie erscheinen — z. B. der Nervus petrosus superfic. major — später als ihrem ursprünglichen Zwecke völlig entfremdete Züge. Bei den Fischen und den im Wasser lebenden Amphibien ist bekanntlich die Haut des Kopfes von einem System von Sinnesorganen überzogen, die vielleicht der Druckempfindung für das umgebende Medium dienen. Die sensiblen Fazialisäste, welche bei den Amphibienlarven diese Sinnesapparate versorgen, gehen bei der Umwandlung zu landlebigen Amphibien verloren, resp. erhalten sich nur als ganz unbedeutende Ästchen.

Sie sehen, die Aufgabe einer wirklich ausreichenden Beschreibung der Kopfnerven ist gar nicht anders zu lösen als dadurch, daß wir allmählich alle Einzelnerven, die je einem Kopfabschnitte entsprechen, kennen lernen und daß wir dann in zweiter Linie zu ermitteln suchen, wie sich jene dann zu größeren Stämmen zusammenordnen.

Sechste Vorlesung.

Die Formverhältnisse des Gehirnes beim Menschen.

Die alten Ärzte haben ganz vorwiegend das menschliche Gehirn studiert und beschrieben. So haben wir von dessen Formverhältnissen die beste Kenntnis, und die zahlreichen Untersuchungen an Gehirnen, deren Träger intra vitam an nervösen Störungen gelitten hatten, Untersuchungen, die wir wieder fast ausschließlich den Ärzten verdanken, haben unsere Kenntntsse soweit vertieft, daß es heute möglich ist, das Zentralnervensystem des Menschen wenigstens in seinen wichtigsten Anordnungen einigermaßen zu übersehen und genauer zu beschreiben.

Wenn sich nun auch diese Vorlesungen nicht an den Anfänger, sondern an Hörer richten, welche bereits im allgemeinen mit den gröberen Formverhältnissen des menschlichen Gehirnes bekannt sind, so wird es doch nicht ganz überflüssig sein, wenn Sie sich heute wieder einmal diese Verhältnisse als klares Bild vor Ihrem geistigen Auge erstehen lassen. Die Umrisse der Karte, in die wir später alle die Punkte und Straßen, welche von Wichtigkeit sind, einzeichnen wollen, werden durch eine kurze Wiederbelebung des früher Erlernten nochmals zweckmäßig fixiert. Orientiert durch die Entwicklungsgeschichte werden Sie sicher leicht die morphologischen Verhältnisse verstehen, welche das Organ des erwachsenen Menschen bietet.

Ein frisches Gehirn wird auf seine Basis gelegt. Den großen Hirnspalt, welcher die Hemisphären trennt, und die Fossa Sylvii, welche mit der Ausbildung des Schläfenlappens entstand, werden Sie leicht auffinden. Da das Vorderhirn die meisten anderen Hirnteile über-

wachsen hat (s. Fig. 34), so könnte man sich diese letzteren von hinten her ansichtig machen, wenn man die Hemisphären aufhöbe, von ihnen abdeckte; auch dadurch könnte es geschehen, daß man die letzteren abtrüge, zum Teil entfernte. Dieser letztere Modus bietet den Vorteil, daß wir auch die Seitenventrikel und das Corpus striatum besser zu Gesicht bekommen. — Gehen wir deshalb ihm folgend vor!

Das horizontal gelegte Messer durchzieht immer beide Hemisphären gleichzeitig und trägt von ihnen 2—3 mm dicke Platten ab. Die erste und die zweite dieser Platten enthalten sehr viel graue Rinde und relativ wenig von ihr umschlossene weiße Substanz, aber schon in der dritten Platte hat man beiderseits ein großes, weißes Markfeld mitten in der Hemisphäre bloßgelegt, das Centrum semiovale. In ihm verlaufen alle Faserzüge, welche von der Rinde nach abwärts ziehen, und ein Teil der Fasern, welche verschiedene Rindengebiete untereinander verbinden. Wenn man die Fig. 28 betrachtet, sollte man beim Weiterschneiden erwarten, daß in der Mitte zwischen beiden Hemisphären nur noch eine dünne Epithelschicht über den Ventrikeln liege. Dem ist aber nicht so. In einer späteren Embryonalperiode sind dicke Fasermassen quer über den Ventrikel von Hemisphäre zu Hemisphäre bei *a* der Fig. 28 gewachsen. So kommt man denn in der Tiefe des großen Hirnspaltes nicht auf die Ventrikel, sondern auf den Balken (Corpus callosum), wie die Masse der Querfasern bezeichnet wird. Der Balken wird nun durchtrennt und, nachdem auch in beiden Seitenhälften, was noch von weißer Substanz über den Ventrikeln stehengeblieben ist, entfernt wurde, vorn und hinten angeschnitten. Dabei zeigt sich, daß er mit seiner Unterfläche an dünnen weißen Faserzügen festklebt, welche, die Ventrikelhöhle überspannend, vorn und hinten

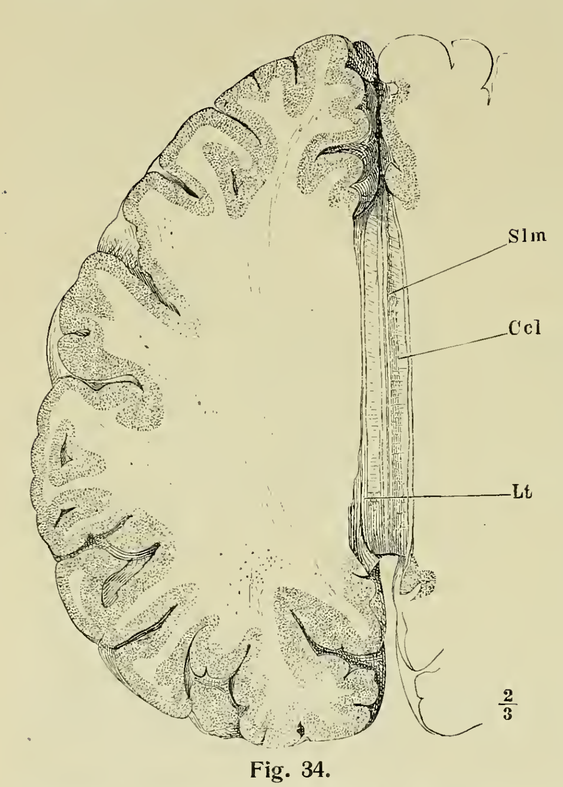


Fig. 34.

Vorderhirn von oben. Die Hemisphären auf das Niveau des Balkens (*Ccl* Corpus callosum = Balken) abgetragen. Der weiße Raum zwischen *Ccl* und Rinde ist das Centrum semiovale. *Lt* Ligamentum tectum, ein Teil der dem Balken benachbarten Hirnrinde; *Slm* Striae longitudinalis mediales. Striae longit. Lancisi. Nach Henle.

in die Tiefe der Ventrikel hinabziehen. Sie gehören dem Gewölbe (Fornix) an.

Der Fornix ist eine Kombination von Faserbündeln, die immer

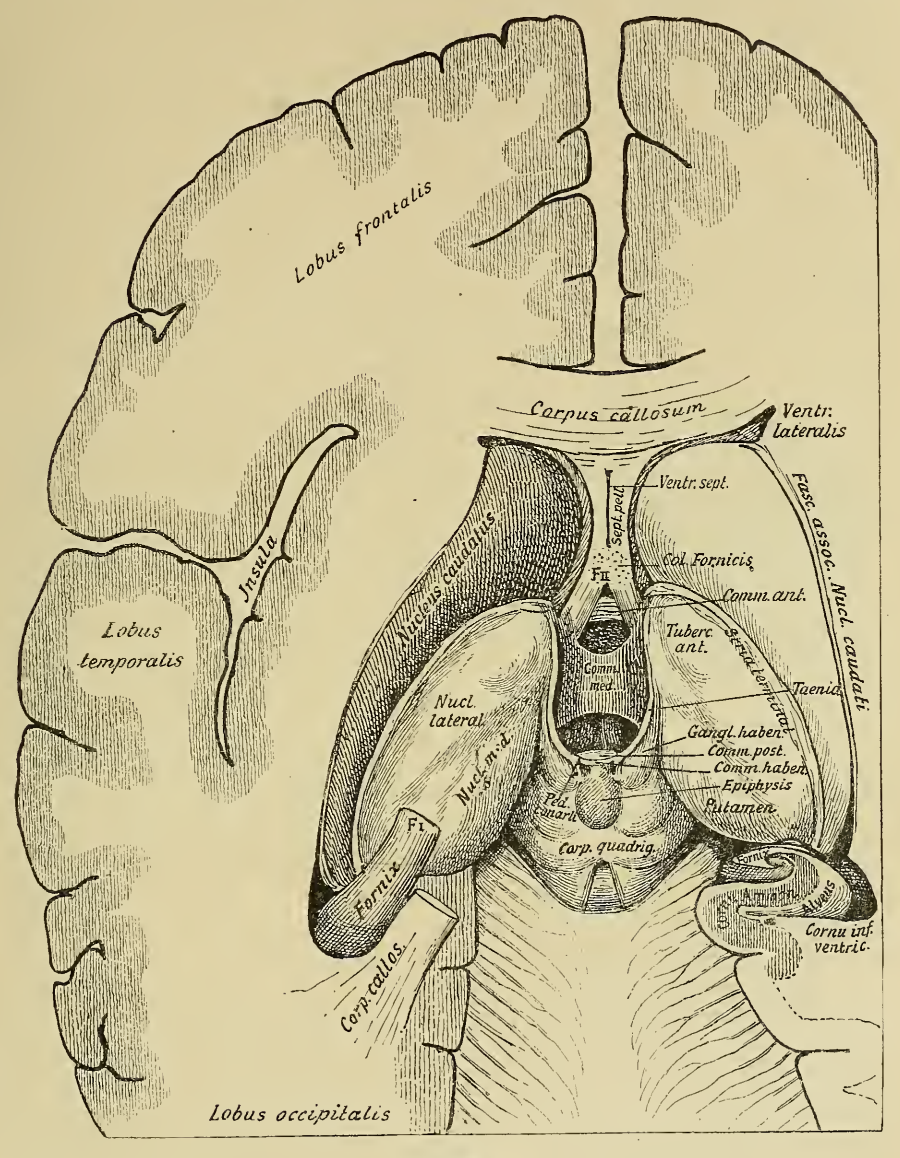


Fig. 35.

Das Gehirn von obenher durch einen Horizontalschnitt geöffnet. Die beiden Hemisphären etwas durch Zug voneinander entfernt.

dem Hemisphärenrand entlang ziehen. Sie entwickeln sich als Crura fornicis beiderseits aus dem medialen Rande des Unterhorns (Fig. 35 hinten), treten dann konvergierend über den hinteren Teil des Thala-

mus und vereinigen sich über dem Ventrikel zu einem breiten Zuge (Corpus fornicis). In dem Winkel, wo sie zusammenstoßen, ziehen eine Anzahl Querfasern dahin, diesen zu einem Dreiecke ausfüllend. Das Dreieck heißt Lyra Davidis, Psalterium. Es liegt unter dem kaudalen Balkenende und ist mit diesem meist verklebt. Der Balken liegt also hier dem Hemisphärenrande dicht an. Gelegentlich kommt es vor, daß er doch etwas entfernt von ihm bleibt; dann erkennt man zwischen Fornix nnd Balken einen kleinen Hohlraum (Ventriculus Verga). Im vorderen Teile des Gehirns aber tritt der Balken ganz regelmäßig vom Hemisphärenrande zurück, und es bleibt zwischen ihm und dem Ventrikel ein Stück der sagittalen Hemisphäreninnenwand zurück. Dieses unter (auf unserem Horizontalschnitte hinter) dem Balken liegende Stück der medialen Hemisphärenwand ist das Septum pellucidum. Der zwischen dem rechten und linken Septum bleibende Teil des Hemisphärenspaltes wird Ventriculus septi pellucidi genannt. Wenn Sie sich auf der Fig. 35 einmal den Balken hinwegdenken wollen, so wird Ihnen sofort die Fortsetzung der Hemisphärenwand in das Septum und die Bedeutung des Ventriculus klar sein. Dieser ist kein eigentlicher Ventrikel, sondern nur das durch den Balken überdeckte Stück des Spaltes zwischen den Hemisphären.

Der Fornix begrenzt natürlich auch diesen Teil der Hemisphärenwand. Er spaltet sich am vorderen Ende des Corpus wieder in zwei Züge, Columnae fornicis, die als kaudale Verdickung jedes Blattes des Septum pellucidum vor dem Thalamus in die Tiefe ziehen und an der Grenze von Vorder- und Zwischenhirn in der Hirnbasis ein vorläufiges Ende erreichen.

In Fig. 35 ist das Corpus fornicis mit dem Balken weggenommen und nur der frontale und kaudale Abschnitt des Gewölbes sichtbar geblieben. Rechts, wo der Schnitt durch die weiße Substanz etwas tiefer liegt, ist der Fornix in seinem als Fimbria bezeichneten Teile durchtrennt, er liegt da noch seiner Ursprungsstätte, dem Ammonshorne, dicht an. Links habe ich ihn erst da durchschnitten, wo er sich über die Thalamusoberfläche weg wölbt.

Wenn Sie die Punkte F' und F'' der Figur durch einen sanft über dem Thalamus wegziehenden Bogen verbinden, so haben Sie den Verlauf des Fornix wiederhergestellt. An dem beistehenden medianen Längsschnitte durch ein embryonales Gehirn werden Sie sich leicht den Verlauf des Fornix klar machen können. Sie erkennen da, daß er, aus der Spitze des Schläfenlappens entspringend, im Bogen das Zwischenhirn überspannt und sich vor diesem zur Zwischen-Vorderhirngrenze herabsenkt.

Nachdem der Fornix und der an ihm hängende Plexus chorioides durchtrennt und abgeschnitten sind, blickt man in die geöffneten Ventrikel (Fig. 35). Der medialst liegende, unpaare ist der Hohlraum des primären Vorderhirns, jetzt Ventriculus tertius genannt. An seinem vor-

deren Ende steigt aus der Tiefe der Fornix auf. Jederseits vom Fornix liegt dann die Fortsetzung des Ventriculus medius in die Ventriculi laterales (Foramen Monroi). Der Teil dieses Ventrikels, welcher im Stirnlappen liegt, heißt Vorderhorn, der im Occipitallappen Hinterhorn, der Hohlraum des Schläfenlappens wird Unterhorn genannt. Sie können leicht den Finger in jedes dieser Hörner einführen. Die basalen Gebiete beider Hemisphären sind durch die Commissura anterior untereinander verbunden. Ihr markweißes Faserbündel sehen Sie vor den Fornixschenkeln dahinziehen.

Aus dem Boden des Seitenventrikels erhebt sich der Nucleus caudatus; weiter nach hinten werden Teile sichtbar, die nicht mehr zu den Hemisphären gehören, das Zwischenhirn (Thalamus opticus) und das Mittelhirn (Corpora quadrigemina). Hinter diesem zeigt sich das Dach des Hinterhirnes, das Cerebellum.

Der Hohlraum zwischen beiden Thalamis, der Ventriculus medius, ist der Hohlraum der einstigen Zwischenhirnblase. Nach oben ist er von dem gefalteten Plexus chorioides abgeschlossen, an dessen kaudalem Ende die nun solid gewordene Zirbelausstülpung, Corpus pineale, liegt. Der Boden des Zwischenhirnes, der nach vorn natürlich durch die embryonale Schlußplatte gebildet wird, besteht aus grauer, sich trichterförmig nach der Schädelbasis hinabsenkender Substanz. Diese Ausstülpung heißt Tuber cinereum, ihr Hohlraum Infundibulum, Trichter. In Fig. 35 ist sie nicht sichtbar, wohl aber auf dem Frontalschnitte der Fig. 39.

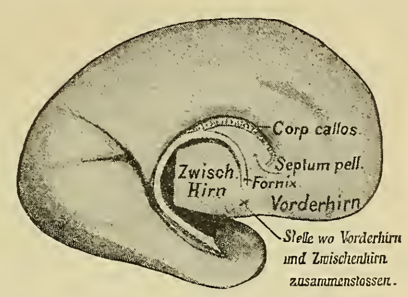


Fig. 36.

Innenansicht der auf Fig. 27 abgebildeten embryonalen Hemisphäre; zeigt den inneren unteren Rand der Hemisphäre, welche zum weißen Markstreif des Fornix verdickt ist. Derselbe wird aber erst nach der Geburt markweiß.

Die Furche zwischen Thalamus und Nucleus caudatus wird von einer langen Vene durchzogen, unter der man regelmäßig einen dünnen weißen Faserzug, Stria terminalis, Taenia semicircularis, findet. An der Oberfläche des Thalamus kann man bald mehr, bald weniger deutlich einzelne Einbuchtungen erkennen, welche Höcker der Oberfläche von einander scheiden. Diese Höcker entsprechen den Thalamuskernen. Immer nachweisbar ist vorn das Tuberculum anterius, die gewölbte Oberfläche des Nucleus anterior thalami. Auch die Scheidung zwischen einem medialen und einem lateralen Thalamuskerne ist zuweilen ausgesprochen. Innen ist der ganze Thalamus bedeckt vom zentralen Höhlengrau, das auf eine kurze Strecke sich mit dem Grau der anderen Seite zur Commissura mollis vereint. In dieses Grau tauchen ganz vorn die Fornixsäulen ein. Nahe der Stelle, wo dies geschieht, sieht man jederseits ein Faserbündelchen sich aus der Tiefe erheben, das auf die

Thalamusoberfläche gelangt und dicht an der medialen Kante rückwärts zieht. Es taucht dann vor dem Mittelhirne zum größten Teile ein in einen langgestreckten Körper am dorsalen Thalamusrande, das Ganglion habenulae. Das Bündel heißt Taenia thalami und bildet einen Zuzug aus dem Riechapparate an der Hirnbasis zum Zwischenhirne.

Ein Teil der Taenia zieht, noch andere Fasern aufnehmend, weiter bis hinter das Ganglion habenulae und begibt sich direkt vor der Zirbel auf die andere Seite. Dies Stück von dem Ganglion bis zur Zirbel heißt Pedunculus conarii, weil an ihm die Zirbel aufzusitzen scheint. Die direkt vor der Epiphyse liegende Kreuzung der Bündel wird als Commissura habenularum bezeichnet. Diese Kreuzung liegt direkt dorsal und frontal von der Commissura posterior, von der sie meist gar nicht getrennt wurde.

Die graue Masse des Thalamus ist von weißen Fasern (Stratum zonale), welche zum Teile aus dem Nervus opticus stammen, überzogen. Einen Hauptendigungspunkt dieses Nerven bildet eine Anschwellung am hinteren Teile des Thalamus, das Pulvinar. In diesem Ganglion und in einem Höcker, der auf seiner Unterseite liegt (Corpus geniculatum laterale), verschwindet der größte Teil des Nervus opticus.

Die Faserzüge aus den Hemisphären, welche zwischen diesen und dem Zwischenhirne in der Tiefe gelagert waren, treten kaudal vom Zwischenhirne zum großen Teile aus der Hirnmasse heraus und liegen dann als zwei dicke Stränge frei an der Unterfläche der folgenden Hirnabteilung, des Mitlelhirnes. Sie heißen in ihrer Gesamtheit Hirnschenkel, Pedunculi cerebri. S. Fig. 38.

Hinter der Zirbel beginnt das Mittelhirndach, als dessen vordersten Teil wir die Commissura posterior ansehen, deren Schenkel durch das Mittelhirn kaudalwärts ziehen. Die hinter dieser Kommissur sichtbar werdenden Vierhügel werden wir später noch genauer kennen lernen.

Das Mittelhirndach mit seinen vier Höckern und die Seitenteile des Mittelhirnes werden, wie manches andere, klarer, wenn wir zwei weitere Verstümmelungen unseres Präparates vornehmen.

Da, wo hinten in Fig. 35, „Fornix" steht, schneiden wir mit einem kühnen Schnitte jederseits den Occipitallappen weg. Das Kleinhirn, Cerebellum, das schon vorher zwischen den Hemisphären sichtbar war, liegt nun ganz frei.

Ein Umdrehen des Präparates belehrt sie, daß ventral von dem Cerebellum aus dem Großhirne die mächtigen Hirnschenkel herauskommen, daß sie von dicken Fasermassen, der Brücke, Pons Varoli, überquert werden und daß kaudal von dieser Brücke von der ganzen Faserung nur noch ein mäßig dicker Konus, das verlängerte Mark, übrig ist. Er geht allmählich in das Rückenmark über. Wollen wir uns die dorsale Ansicht der Brückengegend und der Oblongata zu Gesicht bringen, so müssen wir das Kleinhirn von ihr abtrennen. Zunächst werden die beiden Schenkel des in Fig. 37 hinter den Corpora quadri-

gemina sichtbaren Dreiecks durchtrennt. Es erweist sich, daß sie rückwärts in das Kleinhirn eintreten, dessen „vordere Schenkel“ sie darstellen. Diese vorderen Arme des Kleinhirnes heißen gewöhnlich die Bindearme. Dann gilt es, dicht hinter der Bindearmtrennung jederseits die dicken Faserungen aus der Brücke, die Brückenschenkel oder mittleren Kleinhirnarme zu durchtrennen. Das Cerebellum kann nun etwas gelüftet werden, aber noch hängt es fest zusammen mit einer Fasermasse, die ihm beiderseits aus dem Rückenmarke und der Oblongata zufließt, mit den hinteren Armen, dem Corpus resti-

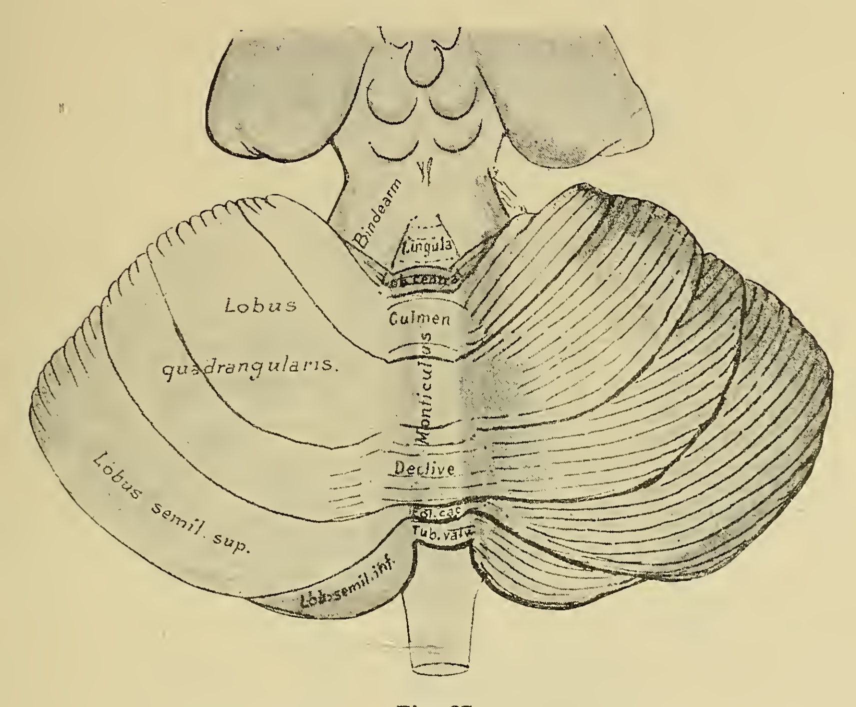


Fig. 37.
Kleinhirn und Rückenmark von oben gesehen.

forme. Sind auch diese abgetrennt, dann ist der zentrale Hohlraum des Gheirnes, welcher uns unter der Epiphyse in Fig. 35 dadurch unsichtbar geworden war, daß die Vierhügel ihn von oben her abschlossen, wieder eröffnet. Er ist an der frontalen Abtrennungsstelle unter den Bindearmen noch enge, aber er erweitert sich schnell zu einer rautenartigen Grube, der Fovea rhomboidalis oder dem Ventriculus quartus. Der Boden dieser Grube ist grau, aber mannigfache weiße Linien überziehen ihn oder scheinen durch das Grau hindurch, mannigfache Höckerchen machen die Oberfläche uneben. Sie alle entstehen dadurch, daß in dem Gebiete, welches jetzt sichtbar geworden ist, mächtige Nerven, die Kopfnerven enden oder entspringen. Etwa da, wo das kaudale

Kleinhirnende gelegen hatte, verengert sich der vierte Ventrikel wieder. Die nähere Untersuchung zeigt Ihnen, daß vom Kleinhirne, seinem Dache, ein feines, dünnes, vielgefaltetes Blatt ausgeht, welches nun sein Dach, das Ventrikeldach, bildet. Dieses Velum medullare posticum setzt sich an dicke Nervenmassen beiderseits und kaudal an, unter welchen

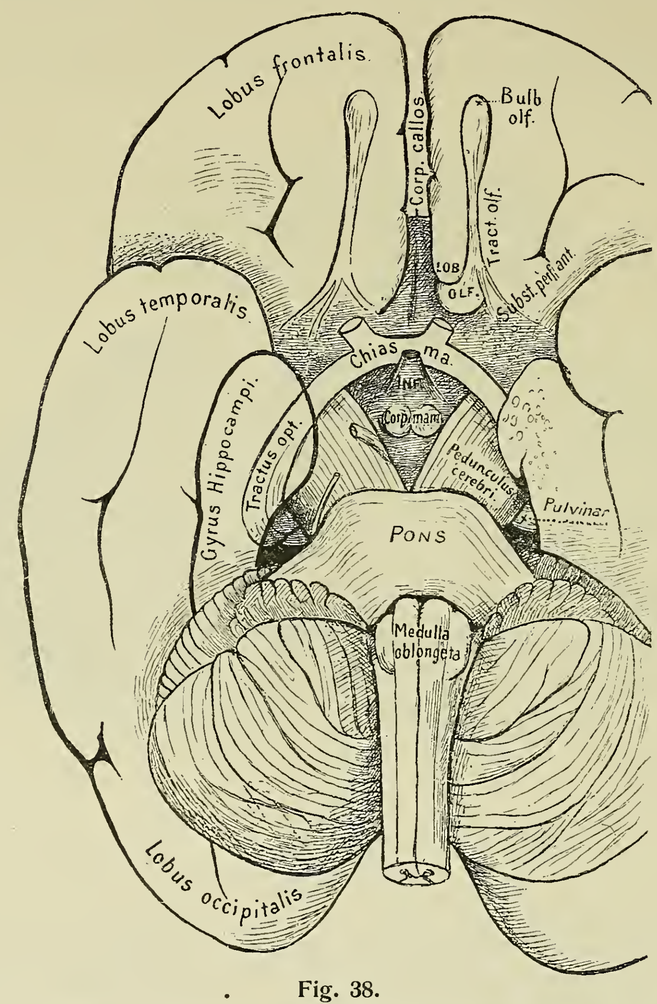


Fig. 38.

Die Basis des Gehirnes; der linke Lobus temporalis zum Teil durchsichtig gedacht, um den ganzen Verlauf des Tractus opticus erkennen zu lassen.

dann der zum feinen, rundlichen Spalte gewordene Ventrikel verschwindet. Er wird zum Zentralkanale des Rückenmarkes. Die dicken Gewebsmassen gehören zum guten Teile noch dem verlängerten Marke an, aber sie gehen allmählich in die Dorsalpartie des Rückenmarkes über. Aus dem langen Strange des Rückenmarkes entspringen dann die sämtlichen Nerven für den Hals, den Rumpf und die Extremitäten.

Gerade das Rückenmark und das verlängerte Mark werden besser sichtbar wenn wir das Gehirn nun einmal drehen und die Ventralseite studieren.

Drehen Sie also das Gehirn um, und suchen Sie Rückenmark und Oblongata auf, Fig. 38. Am frontalen Ende der Oblongata überqueren die dicken Fasermassen der Brücke, Pons, ihre Faserung und hirnwärts von der Brücke tauchen diese Fasern, vermehrt um neue, die zu den Brückenganglien in Beziehung stehen, wieder auf. Sie bilden zwei mächtige Bündel, die Pedunculi cerebri, und enthalten alles, was zwischen Großhirn und kaudaleren Hirnteilen als Leitungsbahn einherzieht. Diese Pedunculi tauchen dann nach kurzem Verlaufe in die Masse des Großhirnes ein. Auf unserer Abbildung ist das nicht zu sehen, weil gerade über die Einsenkungsstelle sich das mächtige Bündel des Tractus opticus hinzieht. Es stammt aus Ganglien kaudal am Thalamus, von denen eines, das Pulvinar, rechts eben sichtbar wird. Die Tractus optici vereinen sich vorn zu dem Chiasma und aus diesem entspringen die Nervi optici zum Auge. Das graue Dreieck zwischen den Hirnschenkeln ist der Boden des dritten Ventrikels. Sein kaudalster Abschnitt heißt Substantia perforata posterior. Dann liegen weiter fron al zwei weißliche kleine Halbkugeln, die Corpora mamillaria, und vor ihnen senkt sich der Hirnboden zu der Ausstülpung des Infundibulum. Seine Spitze, ebenso wie die Hypophysis, welche jenen umfaßt, ist hier abgeschnitten, aber auf Fig. 39 sehen Sie die ganze Anordnung.

Vor dem Chiasma senkt sich die embryonale Schlußplatte herab zur Hirnbasis. Sie ist von den Balkenfasern durchquert. Von dem Hemisphärenhirn erblickt man an der Basis den Occipital-, den Temporal- und den Frontallappen.

Vor dem Traktus, nach außen vom Chiasma, liegt dicht unter dem vorderen Teil des Corpus striatum die Substantia perforata anterior, eine graue, von zahlreichen Piagefäßen durchbrochene Masse. Vor ihr beginnt das Gebiet des Lobus olfactorius. Die Riechfaserung aus dem Bulbus olfactorius überzieht sie und endet nahe der Spitze des Schläfenlappens, in feine Bündel aufgeteilt, im ventralen Vorderhirngebiete. Bei den Säugern, besonders bei den niederen, liegen hier mächtige Gehirnteile, die Riechlappen. Bei dem Menschen sind sie so atrophiert, daß wenig mehr als diese weiße Strahlung, welche die Riechlappen überzieht, übrig geblieben ist. Man bezeichnet sie hier als Tractus olfactorii.

Noch haben wir nach all diesen Schnitten die Hauptmasse des Großhirns ziemlich unverletzt zu unserer Verfügung. Wir legen jetzt auf diese die zuerst abgeschnittenen Blöcke wieder auf und machen, ziemlich in der Mitte der ganzen Hirnlänge, einen senkrecht von oben nach unten gehenden Schnitt. Dadurch gewinnen wir Einsicht in einige Hirnteile, welche während der Entwicklung in die Tiefe gerückt sind.

Von dem Corpus striatum war, als das Gehirn von oben her, wie wir es getan, geöffnet wurde, nur der mediale Teil, der Nucleus caudatus, sichtbar, der laterale, der Nucleus lentiformis, liegt tiefer und ist von den Markmassen bedeckt, die über ihn weg in die Capsula interna ziehen. Man könnte ihn zu Gesicht bekommen, wenn man nach außen vom Nucleus caudatus in die Tiefe ginge. Besser aber werden Sie ihn an dem oben angelegten Frontalschnitt quer durch das ganze Gehirn studieren können.

Es ist nicht sehr schwer, sich über das so entstehende Querschnittsbild Fig. 39 zu orientieren, wenn Sie sich der in Fig. 28 gezeichneten

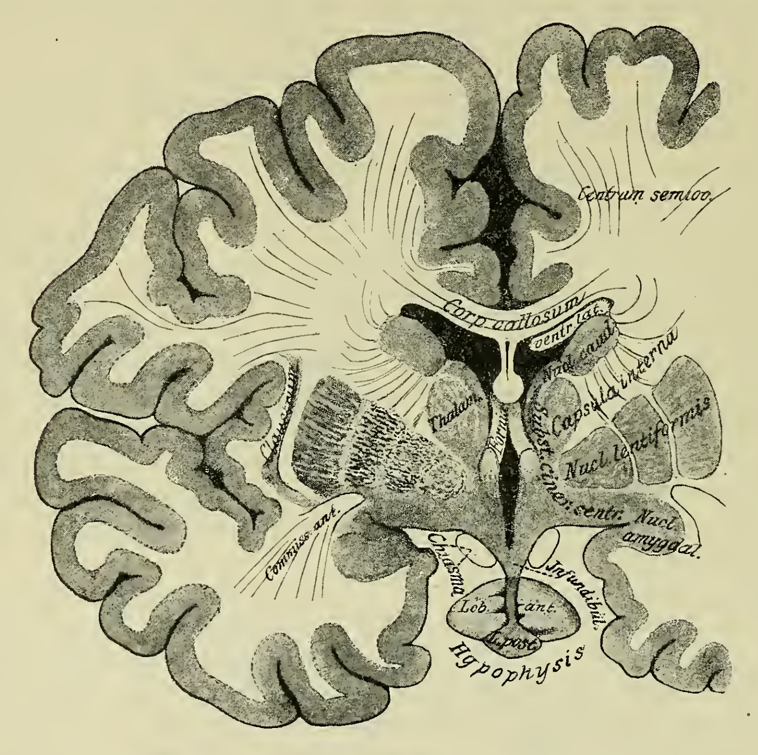


Fig. 39.

Frontalschnitt durch das Gehirn des Erwachsenen. Erklärung im Text.

Verhältnisse erinnern. Die Hirnwand ist wesentlich dicker als zur Fötalzeit, vom Boden her ragt aber noch wie auf jenem Schnitte das Corpus striatum in die Ventrikelhöhle. Der äußere Spalt ist jetzt dadurch verlegt, daß die Stabkranzfaserung aus der Rinde im spätembryonalen Leben sehr zugenommen hat. In der Tiefe des großen Hirnspaltes wird, wie Sie sehen, der Ventrikel durch die dicke Querfaserung des Balkens zugedeckt. Zu diesem steigen aus der Tiefe die zwei Fornixsäulen, zwischen den dünnen Blättern des Septum pellucidum den Ventriculus septi pellucidi frei lassend. Sie ragen frei in einen

Hohlraum hinein, den Seitenventrikel. Dieser wird nach außen begrenzt vom Corpus striatum. Gerade hier sehen Sie sehr schön, wie das Corpus striatum von den dicken Fasermassen der inneren Kapsel durchbrochen und anscheinend in zwei Ganglien geteilt ist. Im Linsenkerne, also in dem äußeren Teile des Corpus striatum, unterscheiden Sie leicht drei Abteilungen; nur das äußere dieser drei Glieder, das dunkler gezeichnete, Putamen genannt, ist gemeinsam mit dem Schwanzkerne als Ursprungsgebiet von Fasern bekannt. Die beiden inneren (Globus pallidus) sind in ihrer Bedeutung noch unklar. Der Globus pallidus besteht zuweilen aus drei und mehr Abteilungen. Nach außen von dem Linsenkerne liegt noch eine dünne graue Masse in der Hemisphärenwand, die Vormauer, Claustrum. Der Raum zwischen ihr und dem Linsenkerne heißt Capsula externa. Weiter nach außen folgt dann die Rinde der Insel. Die graue Masse am Boden des mittleren Ventrikels gehört der Wand des Infundibulums, dem Tuber cinereum an. Man bezeichnet sie und ihre Fortsetzungen als zentrales Höhlengrau. Da, wo dieses und die Rinde des Schläfenlappens aneinander grenzen, liegt ein großer rundlicher Kern, der Nucleus amygdalae, Mandelkern. Er steht wahrscheinlich in Beziehungen zu dem Ursprungsapparate des Riechnerven. Aus der Gegend des Mandelkernes, wahrscheinlich aus dem Kerne selbst, entspringt ein Teil der Faserbündel, die als Taenia semicircularis auf der Grenze zwischen Thalamus und Schwanzkern dahinziehen.

Aus vergleichend anatomischen Erfahrungen wissen wir, daß die noch dem zentralen Höhlengrau zugezählte horizontale Partie der Abbildung zwischen Trichter und Mandelkern ein beim Menschen sehr atrophiertes Rindengebiet ist. Man bezeichnet sie als Area olfactoria, Riechfeld.

Zwischen den Fornixschenkeln sehen Sie in Fig. 35 die vordere Kommissur. Ihre Fasern krümmen sich, indem sie durch das Corpus striatum treten, nach rückwärts. So kommt es, daß wir dicht unter dem äußeren Gliede des Linsenkernes ihrem Querschnitte nochmals begegnen. Fig. 39 links unten.

Wir wollen in den folgenden Vorlesungen alle die heute geschilderten Teile näher betrachten. Das kann aber nur dann mit wirklichem Nutzen geschehen, wenn Sie sich mit dem, was ich heute besprochen, am Präparate selbst durchaus vertraut machen.

Am besten ist es, wenn Sie sich zwei Gehirne verschaffen, die an der Arteria basilaris in einer Lösung von 1 Formol zu 10 Wasser aufgehängt werden. Binnen wenig Tagen sind sie genügend hart geworden, um alle Schnitte und Abtrennungen, welche hier vor Ihnen ausgeführt worden sind, leicht zu ermöglichen. Machen Sie auch einfache Skizzen von dem, was Sie gesehen. Man kann dieses Zeichnen sich dadurch erleichtern, daß man eine Glasplatte auf 3 Wassergläser stellt und unter ihr das Gehirn in feuchte Watte festlegt. Mit Feder und Tusche werden dann die auf der Platte sichtbaren Umrisse umfahren. Man hat nur Sorge zu tragen, daß Auge, Feder und zu zeichnender Punkt immer tunlich in einer Senkrechten übereinander bleiben. Andernfalls würden zu große perspektifische Verzerrungen entstehen. Lucae hat ein

kleines Instrument angegeben, welches hier ein absolut korrektes Zeichnen ermöglicht. Auf einem Stativ mit schwerem, leicht über die Glasplatte gleitendem Fuß ist oben eine Metallplatte mit zentralem Loche, unten eine ebensolche mit größerem Ausschnitte, der ein Metallfadenkreuz tragt, angebracht. Wenn man durch das Loch sieht, erblickt man unter dem Fadenkreuz natürlich immer eine bestimmte Stelle des Präparates. Man hat nur mit der Feder hier einen Punkt zu machen und weiter zu schieben; so erhält man, wenn man immer neue Punkte macht, ein sehr genaues Bild auf der Glasplatte. Dieses wird mit Pauspapier aufgenommen. Das Pauspapier klebt man dann auf weißen Karton und vollendet nach dem Präparate selbst die Zeichnung.

Ich kann Ihnen, meine Herren, nicht eifrig genug empfehlen, so zu verfahren und sich durch eigene Präparation zu orientieren. Die Darstellung durch Bild und Wort wird Ihnen hierbei wohl einen festen Anhalt geben, sie kann aber nie das ersetzen, was durch das Studium am frischen Präparate gewonnen wird. Steht kein Menschenhirn zur Verfügung, so kann auch ein Kalb- oder Ochsenhirn zunächst orientieren. Nur die Hemisphären sind da wesentlich von den menschlichen unterschieden, die anderen Teile weichen nur wenig von dem oben Beschriebenen ab.

Siebente Vorlesung.

Die peripheren Nerven, die Wurzeln und die Spinalganglien.

M. H.! Die peripheren Nerven führen bekanntlich motorische und sensible Fasern gemischt in ihrem Stamme. Nahe am Rückenmarke trennen sich diese aber von einander.

Das Stämmchen, welches die motorischen Fasern enthält, geht direkt als vordere Wurzel in das Rückenmark hinein.

Die sensiblen Fasern senken sich in das Spinalganglion.

In den Spinalganglien liegen große Zellen, die zuweilen zwei, meistens aber nur einen Ausläufer haben. Ist nur einer da, so teilt er sich aber (Ranvier) bald nach seinem Abgange von der Zelle in zwei, so daß also auch hier schließlich zwei Zellfortsätze vorhanden sind.

Diese beiden Fortsetzungen aus den Spinalganglienzellen haben Sie schon in der vierten Vorlesung kennen gelernt. Sie erinnern sich wohl noch aus dieser, daß nach den Beobachtungen von His die sensiblen Nerven aus den Zellen als peripheriewärts gerichtete Fortsätze auswachsen, daß aber dieselben Zellen auch zum Rückenmarke eine Faser senden, die hintere Wurzel.

Da, wie Zählungen beim Erwachsenen zeigen, die hintere Wurzel annähernd so viele Fasern zum Marke führt, als durch den Nerven in das Ganglion eingetreten sind, so möchte es scheinen, als sei einfach in den Verlauf jeder Faser eine Zelle eingeschaltet. Es ist aber eine wichtige Frage, ob wirklich alle sensiblen Nerven aus Zellen des Spinalganglions stammen. Auf dem Wege des Experimentes, der zuerst von Waller und mit Erfolg später noch oft beschritten wurde, ist es gelungen, sie völlig befriedigend zu lösen.

Jede Nervenfaser, welche von ihrer Ursprungsstelle getrennt wird, entartet. Schneidet man nun einen sensiblen Nerven peripher von dem Spinalganglion ab, so gehen alle seine Fasern zugrunde, das Ganglion selbst und die aus ihm entspringende Wurzel bleiben fast normal. Das beweist, daß der Schnitt alle Fasern von ihren Zellen getrennt hat, oder mit anderen Worten, daß der sensible Nerv nur aus dem Spinalganglion entspringt. Schneidet man dicht hinter dem Ganglion die sensible Wurzel durch, so entarten im sensiblen Nerven nur einige wenige Fäserchen, die Mehrzahl bleibt erhalten, eben weil sie ja mit ihren Ursprungszellen in Zusammenhang geblieben ist.

Aber die Wurzel selbst entartet weithin in das Rückenmark hinein. Sie stammt also auch aus dem Spinalganglion. Die wenigen, übrigens mehrfach bestrittenen Fäserchen, welche nach dem letzten Versuche im sensiblen Nerven zur Entartung kommen, müssen aus dem Marke selbst stammen. Denn nur von diesem, nicht von dem Spinalganglion, waren sie getrennt.

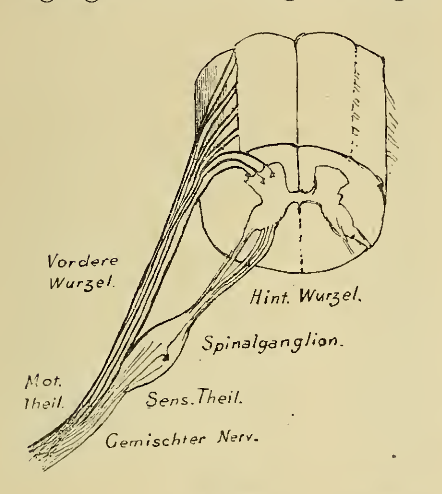


Fig. 40.
Schema der Beziehungen zwischen Rückenmark und Nervenwurzeln.



Fig. 41.
Schema der Wurzelzellen in einem Spinalganglion.

Diese Versuche zeigen, daß aus dem Ganglion nach zwei Richtungen Zellfortsätze gehen, und daß andere, welche aus dem Rückenmarke stammen, es nur durchziehen. Wahrscheinlich kommen dazu noch Fasern aus peripheren (Sympathikus-)Zellen, die im Rückenmarke enden. Demnach dürfte man sich die Beziehungen der sensiblen Wurzel zum Spinalganglion in der Weise denken, wie das Fig. 41 abgebildete Schema sie darstellt.

Zwischen den Körnern im Zellinnern der Spinalganglienzellen verlaufen in ziemlich gestrecktem Verlaufe die Fibrillen, Mann, Cox.

In jedes Spinalganglion ziehen Fasern aus dem Sympathikus.

Nach den Untersuchungen, welche Dogiel mit der vitalen Methylenblaumethode angestellt hat, verzweigen sie sich dort zu einem außerordentlich feinen Netzwerk um eigene Zellen herum. Diese senden dann einen Achsenzylinder aus, welcher sich, an einer näheren oder ferneren Spinalganglienzelle angekommen, um diese herum wieder zu einem ganz feinen Netze aufzweigt. Wir hätten, wenn diese Angaben sich bewahrheiten sollten, also eine Art Schaltzellen vor uns, die sich zwischen die eintretenden Sympathikusfasern und die Spinalganglien selbst einschalten.

Am genauesten hat, ebenfalls mit der Methylenblaumethode arbeitend, S. Ramon y Cajal die Zellen der Spinalganglien und die ihnen homologen der Ganglien an den Hirnnerven untersucht. Er fand, daß sehr häufig der aus der Zelle entspringende Achsenzylinder noch innerhalb der Zellkapsel — jede derartige Zelle hat eine feine bindegewebige Kapsel — sich so aufknäult, daß dicht neben der Zelle ein glomerulusartiges Gebilde entsteht. Die in das Ganglion eintretenden Nervenfasern — des Sympathikus? — umwinden dicht an der Zelle den Achsenzylinder spiralig und breiten sich dann, zu einem feinen Netzwerk aufgelöst, über den ganzen Glomerulus aus, zuweilen auch Fortsätze über die Zelle selbst hinsendend, welche dann diese in einen förmlichen Korb einhüllen.



Fig. 42.

Oben Spinalganglienzelle, unten Zelle aus dem Ganglion Gasseri mit den um sie aufzweigenden eintretenden Fäserchen. Vitale Methylenblaufärbung. Nach S. Ramon y Cajal.

Wenn die Spinalganglien erkranken, wird sehr oft außer lebhaften Schmerzen im Bereiche der betreffenden Wurzel noch ein Herpesausbruch gefunden. Zahlreiche Beobachtungen von Head, der nachwies, daß es eine infektiöse, vorwiegend auf die Spinalganglienzellen beschränkte Erkrankung gibt, haben diese zuerst von Bärensprung aufgestellte Behauptung bewiesen. Physiologische Beobachtungen — Gaule — sprechen dafür, daß irgendeinem in den Spinalganglien enthaltenen Element vasomotorisch tropische Einflüsse auf die Haut und die Muskeln zukommen. Vielleicht sind hier die sympathischen Fasern in Betracht zu ziehen, die massenhaft die Zellen umstricken. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß wir starke Veränderungen der Spinalganglien bei Tabes durch Vulpian, Wollenberg u. A. kennen gelernt haben, welche ohne Herpes oder dergleichen verlaufen. Wahrscheinlich führen nur akute Erkrankungen zu Herpes.

Zwischen Spinalganglion und Rückenmark entfaltet sich sowohl die sensible, als die motorische Wurzel in eine Menge kleiner Faser-

stämmchen, „Wurzelfasern“, die auf eine lange Strecke in das Rückenmark eintreten, die sensiblen Fasern auf der Rückseite, die motorischen auf der Vorderseite in einen etwas seitlich liegenden Längsspalt. Die Zahl dieser Bündelchen ist nicht gleich für alle Wurzeln und ist auch bei verschiedenen Individuen öfters eine verschiedene.

Die Wurzeln treten also längs des Rückenmarkes in dieses ein.

Da, wo starke Wurzeln, aus den Extremitäten kommend, herantreten, schwillt das Mark etwas an. Die Intumescentia cervicalis nimmt die Armnerven, die Intumescentia lumbalis die Beinnerven auf. Die schmalste Stelle des Rückenmarkes gibt den Interkostalnerven Ursprung. Das unterste, kegelförmig endende Stück des Markes heißt Conus terminalis; aus ihm entspringt außer den Nerven ein langer, dünner Fortsatz, das Filum terminale.

Die obere Begrenzung wird durch den Anfang der Pyramidenkreuzung (siehe unten) gegeben.

Ein Blick auf die Fig. 43 zeigt, daß auf

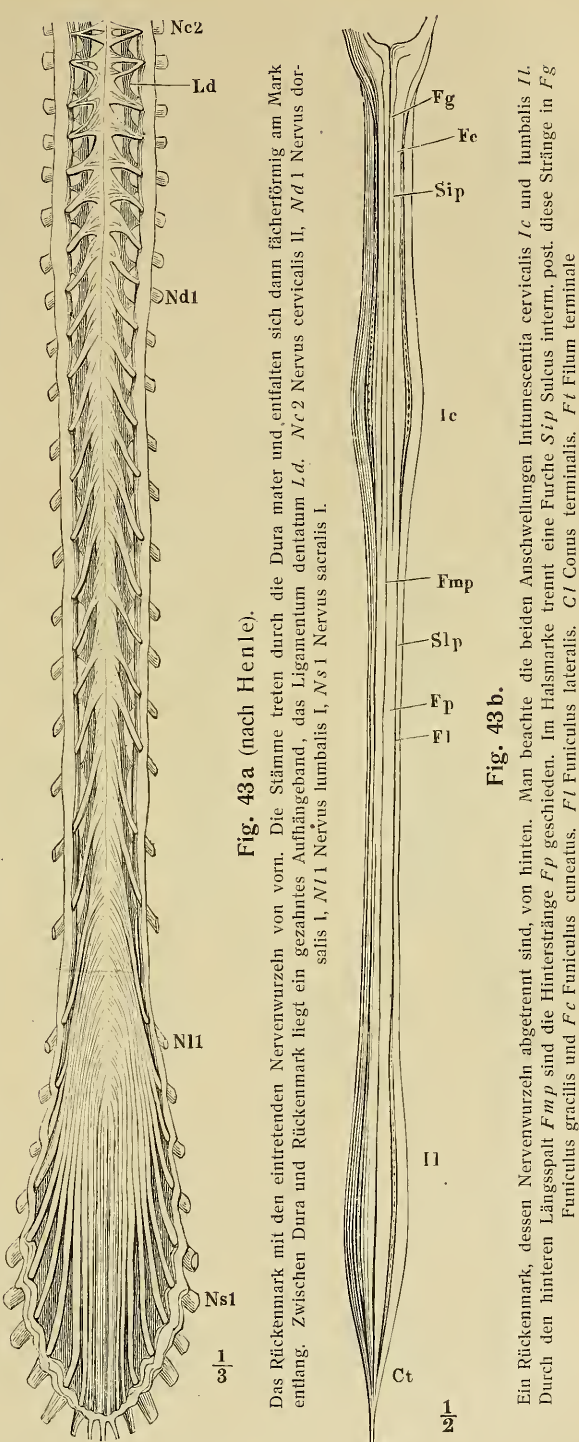


Fig. 43 a (nach Henle).

Das Rückenmark mit den eintretenden Nervenwurzeln von vorn. Die Stämme treten durch die Dura mater und entfalten sich dann fächerförmig am Mark entlang. Zwischen Dura und Rückenmark liegt ein gezahntes Aufhängeband, das Ligamentum dentatum *Ld*. *Nc* 2 Nervus cervicalis II, *Nd* 1 Nervus dorsalis I, *Nl* 1 Nervus lumbalis I, *Ns* 1 Nervus sacralis I.

Fig. 43 b.

Ein Rückenmark, dessen Nervenwurzeln abgetrennt sind, von hinten. Man beachte die beiden Anschwellungen Intumescentia cervicalis *Ic* und lumbalis *Il*. Durch den hinteren Längsspalt *Fmp* sind die Hinterstränge *Fp* geschieden. Im Halsmarke trennt eine Furche *Sip* Sulcus interm. post. diese Stränge in *Fg* Funiculus gracilis und *Fc* Funiculus cuneatus. *Fl* Funiculus lateralis. *Cl* Conus terminalis. *Ft* Filum terminale

die größere Länge des Rückenmarkes hin in ziemlich gleichen Abständen die auch ziemlich gleichlangen Wurzeln abgehen. Jede setzt sich aus einem dorsalen sensiblen und einem ventralen motorischen Abschnitte zusammen. Vom ersten Lendensegmente ab ändert sich das etwas. Die Wurzeln werden länger, verlassen nicht nahe ihrer Ursprungshöhe den Wirbelkanal, ziehen vielmehr zu weiter kaudal gelegenen Austrittspunkten. Je weiter man rückwärts untersucht, um so länger werden diese Wurzelfasern. Sie bilden, wenn etwa in der Höhe des 1.—2. Lumbalwirbels das eigentliche Rückenmark aufgehört, resp. zu dem dünnen Faden des Filum terminale sich verdünnt hat, ein mächtiges Büschel, die Cauda equina. Es ist aus praktisch diagnostischen Gründen wichtig, sich diesen langen intravertebralen Verlauf der letzten Wurzeln vor Augen zu halten. Der zweite Sakralnerv z. B., welcher erst aus dem zweiten Foramen sacrale austritt, muß, um von seinem Ursprung in der Höhe des ersten Lumbalwirbels dahin zu gelangen, eine Strecke von 14 cm durchziehen (s. Fig. 48). J. Müller, dem wir besonders ausführliche Untersuchungen über die Terminalgegend des Rückenmarkes verdanken, hat auch die wichtige Entdeckung gemacht, daß im Conus terminalis und überhaupt im kaudalsten Abschnitte des Rückenmarkes sehr viel mehr sensible Wurzeln als motorische vorhanden sind, auch daß, wo noch etwa motorische Wurzeln sich zeigen, diese sehr viel schwächer als die entsprechenden sensiblen sind. Wir werden später sehen, daß dieses Verhältnis sich natürlich auch im inneren Aufbau des Conus terminalis ausdrückt, welcher noch die drei unteren Sakralsegmente und das Koccygealsegment enthält. Da in der Cauda equina keine Plexusbildung stattfindet, liegen natürlich die sensorischen Wurzeln alle vereint dorsal, die motorischen ventral. Auch das ist praktisch wichtig.

Bekanntlich tritt bald nach Bildung der Wurzeln für die meisten derselben ein Faseraustausch mit benachbarten Wurzeln, eine Plexusbildung ein. Erst aus dem Plexus geht dann der periphere Nerv hervor und dieser enthält dann Elemente aus verschiedenen Wurzeln. Lange Jahre hindurch haben sich zahlreiche Forscher mit der Frage beschäftigt, ob etwa den einzelnen Wurzeln bestimmte Hautbezirke oder auch bestimmte Muskeln angehörten und welches Gesetz der Faserverteilung in der Peripherie zugrunde liege. Die älteren Untersuchungen über die motorische Innervation sind neuerdings namentlich durch Kocher und durch Bolk erweitert worden, diejenigen über die sensible sind, nachdem Türk die Grundzüge gezeichnet hatte, wesentlich durch Arbeiten von Head, Roß, Thorburn und Sherrington weitergeführt worden.

Es hat sich gezeigt, daß jeder Wurzel ein ganz bestimmtes peripheres Areal zugehört, daß ihre Fasern dieses Areal aber nicht direkt, sondern meist durch ganz verschiedene Nerven erreichen. So deckt sich also das Wurzelareal nicht mit demjenigen der Nerven, der Ausfall einer Wurzel erzeugt Störungen in Gebieten, die mehreren Nerven

angehören und der eines sensiblen Nerven trifft Felder, die von mehreren Wurzeln her versorgt sein mögen.

Angenommen, Sie fänden bei einem Patienten die ganze Außenseite des Armes, von der Schulter bis zum Daumen unterempfindlich. Dieses Gebiet wird von drei Nerven, dem Axillaris, dem Cutaneus medius und unten vom Palmaris medius versorgt. Wären alle diese Nerven erkrankt, dann würde auch ihr übriges Innervationsgebiet, das medianer liegt, mitgelitten haben; das lange Feld kann also nicht durch die Unterbrechung jener Nerven empfindungsgestört sein. Wir wissen aber, daß es ausfällt, wenn die fünfte Cervikalwurzel leidet. Die Diagnose wird also auf Erkrankung dieser Wurzel mit Leichtigkeit zu stellen sein. Nur die Anteile der drei Nerven, welche aus jener Wurzel stammen, innervieren es, die anderen Teile der gleichen Nerven — sie stammen aus der sechsten Zervikalwurzel — innervieren ein medianer liegendes Feld an der Volarseite des Ober- und Unterarmes.

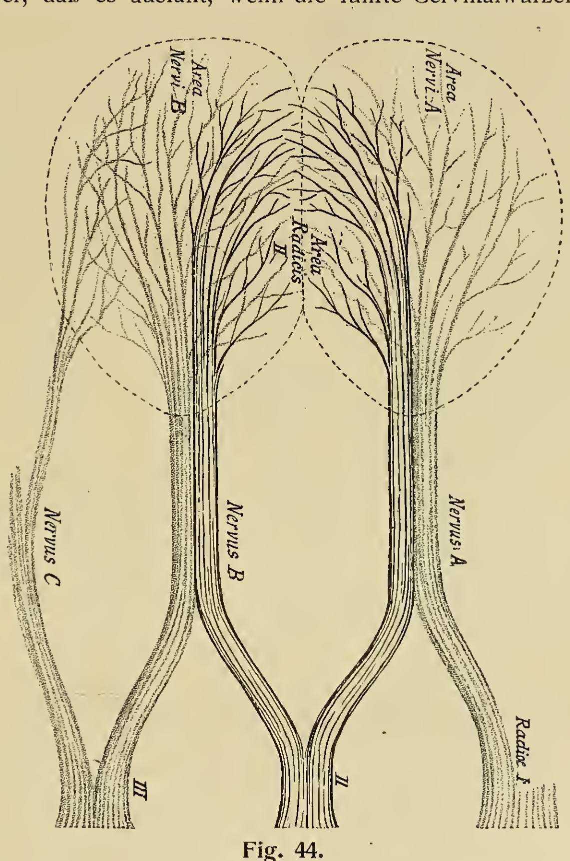


Fig. 44.

Schema der Innervation eines Hautbezirkes. Man beachte: Nervenareal, Wurzelareal, Überdecken der Wurzelareale.

Die Entwicklungsgeschichte lehrt uns leicht, diese Verhältnisse gut verstehen.

Der frühe Embryo besteht aus einer Reihe hintereinander liegender Metameren. Die Abschnitte des Centralnervensystems, welche diesen Metameren entsprechen, heißt man Neuromeren. Jedem Neuromer sind zwei dorsale und zwei ventrale Wurzeln zugeordnet.

Diese versorgen die Haut, die Knochen und die Muskeln nur des betreffenden Körperabschnittes, dessen Dermatom, das Sklerotom und Myotom. Wie immer in der späteren Embryonalzeit auch die Plexusbildung usw. in den peripheren Nerven ansfallen mag, die Endäste der aus dem Neuromer entspringenden Fasern treffen sich alle wieder direkt oder auf verschiedenen Wegen ankommend in seinem Dermatom, Sklerotom und Myotom.

Auf mehreren Wegen hat man versucht, die Wurzelbezirke für die

Haut, die Dermatome, festzulegen. Einmal durch genaue Sensibilitätsuntersuchungen an Menschen mit unterbrochenem Rückenmark. Es sind allmählich so viele Leitungsstörungen in den mannigfachsten Wurzelhöhen bekannt geworden, dass man, sie zusammenstellend, zu einem Übersichtsbilde kommen konnte. Dann hat man — Sherrington namentlich — untersucht, wie sich der Ausfall gestaltet, wenn einzelne Wurzeln durchschnitten werden. Zunächst zeigte sich, daß kaum Gefühlsausfall eintrat. Das konnte nur daher rühren, daß die anliegenden erhaltenen Wurzeln das Nachbargebiet bis zum gewissem Grade mit innervieren, daß die Wurzelreale an den Rändern einander überdecken. Deshalb hat Sherrington zahlreiche Wurzeln durchschnitten und nur eine mitten darunter intakt gelassen. Ihr Areal war dann leicht festzustellen, da es ja von überdeckenden Bezirken frei gemacht war. Bei Tieren sowohl als beim Menschen ist das Überdecken der Dermatome durch die nächst anliegenden in verschiedenen Arealen verschieden. Einzelne Dermatome werden von 2, andere von 3 und 4 Nachbardermatomen überdeckt, so daß immer nur das Zentrum wesentlich von der zugehörigen Wurzel innerviert ist. Schließlich hat Head an einem sehr großen Materiale gezeigt, daß die Herpeseruptionen, welche von der Erkrankung einzelner Spinalganglien abhängen, im wesentlichen ähnliche Bezirke einnehmen, wie die aus Rückenmarksdurchtrennungen erschlossenen Dermatome.

Ist nun auch für das feinere Detail hier noch sehr viel zu schaffen, so kann man doch heute ein ziemlich übersichtliches Bild der Segmentinnervation der Haut zeichnen. Auf der Figur 45 und 46 habe ich zusammengestellt, was sich mit einiger Sicherheit aussagen läßt. Die Linien geben den Verlauf der Wurzelfasern an. Zu beiden Seiten derselben ist das Segmentareal gelegen.

Die Anordnung ist leicht zu behalten, wenn Sie von den Sakralnerven ausgehen. Sie sehen dann sofort, warum die Kreuzbeingegend von den letzten Sakralwurzeln, die Hinterseite des Beines von den höher liegenden Sakralnervenwurzeln versorgt werden muß, wie sich die Lumbalwurzeln in die Innervation der Vorderseite teilen und wie sich hieran die Wurzeln der Dorsalnerven anreihen. Durch diese Anordnung kommt es dazu, daß in einer bestimmten Linie jeder Extremität Wurzelfelder sich treffen, die nicht benachbarten, sondern weit auseinander liegenden Rückenmarkshöhen entstammen. An der Innenseite des Beines stößt z. B. das Areal der zweiten Sacralwurzel mit dem der dritten Lumbalwurzel zusammen. Diese Linien bieten ganz besondere und klinisch wichtige Sensibilitätsverhältnisse. Man hat sie die Richtungslinien genannt.

Sehr viel mehr Mühe als die Erforschung der Dermatome hat diejenige der Myotome gekostet. Die meisten Muskeln enthalten Elemente aus verschiedenen Wurzeln weil sie nicht ein-

heitlich angelegt werden, sondern durch Verwachsen mehrerer Myotome entstanden sind.

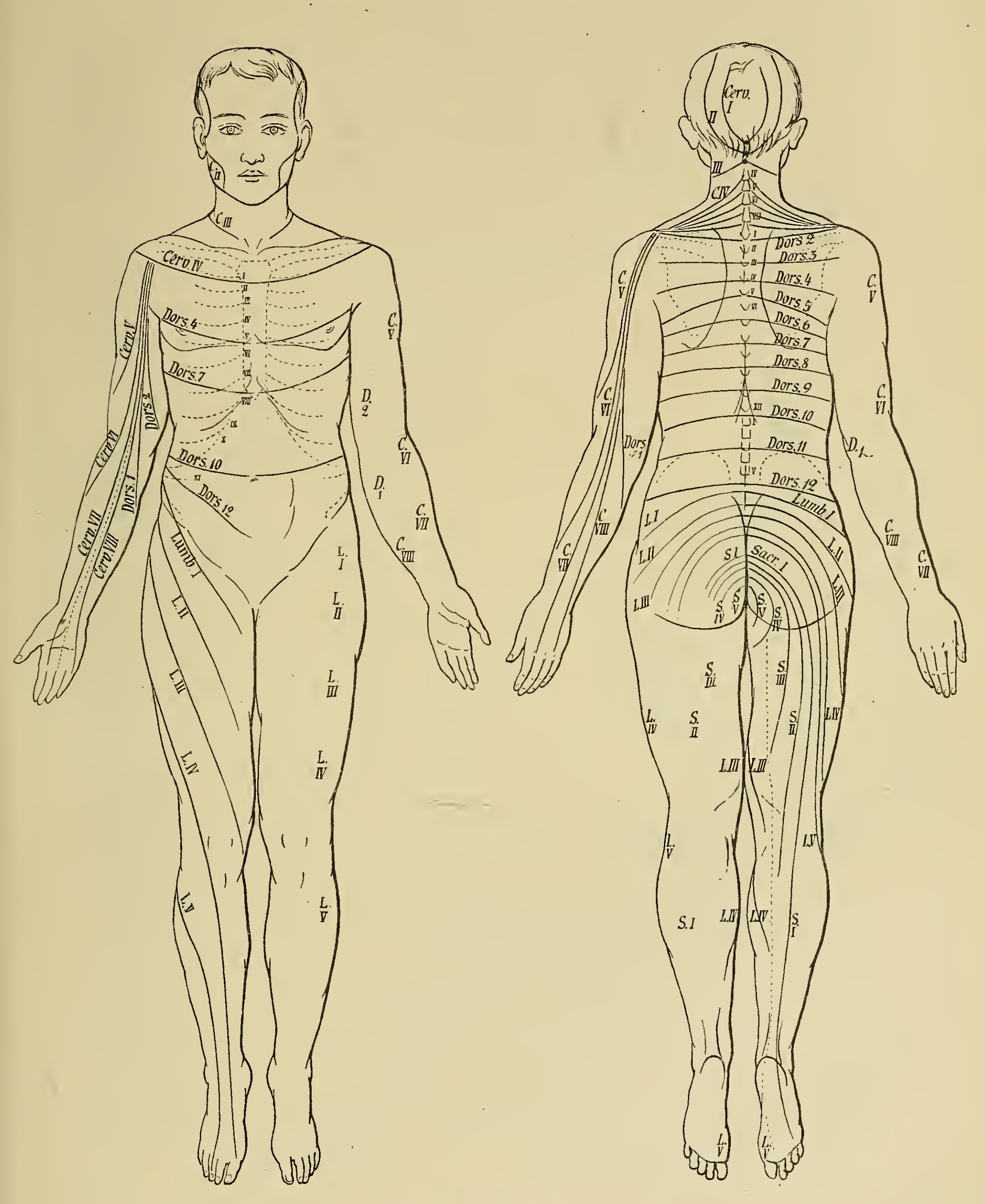


Fig. 45 u. 46.
Die Wurzelinnervation der Haut.

An dem langen Rectus abdominis, der sich aus mehreren Myotomen zusammengesetzt über das Gebiet gleichvieler Neuromeren erstreckt, ist das an den Inscriptiones tendineae ohne weiteres zu sehen. Figur 47 zeigt Ihnen, welche Myotome die Schultermuskulatur zusammensetzen. Der Muskelnerv muß, um je einen ganzen Muskel versorgen zu können, hier Elemente aus mehreren Wurzeln führen.

Fast jeder längere Muskel bekommt durch seinen Nerven Fasern aus verschiedenen Wurzeln. Die für sein Arbeiten nötige Synergie wird also durch anatomische Anordnung innerhalb des Rückenmarkes gesichert.

Die Myotome, aus denen jeder einzelne Körpermuskel besteht, sind noch nicht durchweg bekannt. Was wir wissen, beruht einmal auf Zerfaserungspräparaten der Plexus und entwicklungsgeschichtlichen Studien, dann aber ganz besonders auf dem Studium der Lähmungen, welche nach Rückenmarkunterbrechungen beobachtet worden sind.

Fig. 47.
Die Wurzelversorgung der Schulterblattmuskulatur, nach Bolk.

Es fragt sich nun, ob man Wurzelinnervation und Rückenmarkinnervation ohne weiteres zu einem Bilde zusammenstellen darf und es ist in der Tat wahrscheinlich, daß gewisse kleinere Differenzen sich noch herausstellen werden. Aber soweit wir sehen, entspringen alle motorischen Wurzeln so nahe ihren Ursprungskernen im Marke, daß wir für das praktische Bedürfnis hier einmal Wurzel und Rückenmarkssegment gleichsetzen wollen. Schon wegen des Mangels einer im Rückenmarke des Erwachsenen sichtbaren Einteilung wird man einstweilen die Wurzeln als Abscheidezonen benutzen müssen.

Die folgende Tabelle ist dadurch zustande gekommen, daß alle bisher bekannten Beobachtungen von Muskellähmungen nach isolierten Rückenmarkunterbrechungen oder Rückenmarkherden, eigene sowohl wie solche von Starr, Bruns, Sano, Kocher, Strohmeyer, Steward und Turner und von anderen in der Literatur mitgeteilte eingetragen wurden. Dabei ist mit Nutzen auch die Zusammenstellung von Wichmann benutzt worden.

Cerv. I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Dors. I.	II.	VII.	VIII.	XII.	Lumb. I.	II.	III.	IV.	V.	Sacr. I.	II.	III.	IV.	V.

Rumpf

Lange u. kurze Muskeln d. Nackens, Muskeln d. Wirbelsäule — Lange Muskeln der Wirbelsäule
Splenius capitis . . . . . Splenius cervicis .
Longus capitis — Longus colli — . . Obliquus abdominis . . . . — Sphinkteren Damm
Alle kleinen Muskeln zwischen Schädel und Wirbelsäule — . . . . Scalenus medius . . .
Scalenus anterior — Rectus abdominis
Scalenus posterior
Diaphragma — Scalenus minimus — Transversus abdom.
. . . . Psoas, Iliacus . . .
Kinn-Zungenbein-muskulatur — Pectoralis major
Pectoralis minor
Interkostalmuskulatur — Quadratus lumborum

Extremitäten

Levator scapulae
Rhomboidei
Subclavius
Supra-infraspinatus
Subscapularis
Teres major et minor
Serratus anterior
Deltoideus
Brachialis
Biceps brachii
Triceps
Coracobrachialis
Supinator brevis et longus
Brachio-radialis
Pronator teres
Lange Strecker und Beuger der Hand und der Finger
Flexor carpi ulnaris
Muskeln des Kleinfingerballens
Lumbricales
Interossei

Kleine Beckenmuskeln
Adductores fem.
Musc. pectineus
Musc. sartorius
Musc. vasti fem.
Patellarreflex
Musc. rectus femoris
Obturator
Tensor fasciae
Musculi Glutaei
Alle Muskeln hinten am Oberschenkel
Wadenmuskulatur
Alle Muskeln vorn am Unterschenkel
Kleine Musk. des Fußes

Segmentinnervation der Muskulatur.

Die Reflexe sind in den gleichen Segmenten wie die betreffenden Muskeln lokalisiert.

Wollen Sie die Tabelle einmal auf die schmale Kante des Buches stellen, so bekommen Sie sofort das Umrißbild einer Körperhälfte. Von dem dicken Rumpfe gehen oben und unten die Extremitäten ab. Sie sehen dann, daß die langen Muskeln des Stammes aus allen Segmenten, an denen sie vorbeiziehen, Wurzelfäden beziehen. Bestehen sie doch aus zusammengewachsenen, diesen zugehörigen Myotomen. Sie erkennen, daß, ganz wie bei der Hautinnervation, die distalsten Teile der Glieder von kaudaleren Rückenmarkabschnitten als die proximalen versorgt werden. Der Kern des M. deltoideus liegt z. B. weiter hirnwärts als der für die Daumenmuskulatur. Vielleicht fällt Ihnen auf, daß das Diaphragma nicht aus dem zwölften Dorsalnerven, vor dem es liegt, versorgt wird. Hier, wie an einigen anderen Stellen, kommen embryonale Verschiebungen in Betracht. Die Muskeln, welche später das Zwerchfell bilden, liegen bei dem frühen Embryo noch im 3.—5. Metamer und rücken erst später kaudalwärts, ihren langen Innervationsfaden, den Phrenikus, durch die ganze Brusthöhle nach sich ziehend.

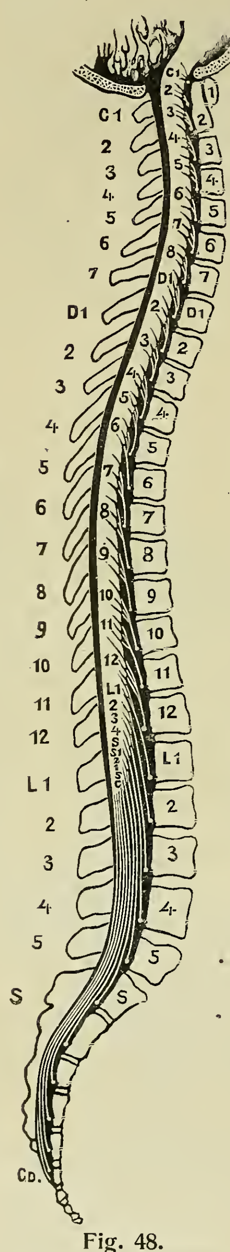


Fig. 48.
Lage der einzelnen Rückenmarkssegmente zur Wirbelsäule, nach Gowers.

Wie sich aus der Tabelle für jeden Muskel die zugehörige Rückenmarkspartie ergibt, so läßt sie auch erkennen, welche Muskeln jeder einzelne Rückenmarkteil beeinflussen kann, ein Umstand, der Ihnen gelegentlich bei der Beurteilung von Rückenmarkläsionen nützlich sein wird, wenn die Frage sich erhebt, in welcher Höhe etwa eine Leitungsunterbrechung stattgefunden hat.

Nur die Kenntnis des Wurzelareals ermöglicht es, die Höhe festzustellen, in welcher, etwa durch einen Tumor, das Rückenmark unterbrochen ist. Dann wird zunächst die Grenze der eingetretenen Anästhesie scharf bestimmt. Über ihr liegt gewöhnlich eine hyperästhetische, oft schmerzende Zone. Man ersieht leicht aus den Abbildungen, welches Wurzelareal das höchste ausgefallene ist. Es entstammt seine Innervation dem nächsthöheren Segmente. War also z. B. das Areal der achten Dorsalwurzel und alles, was unterhalb derselben liegt, anästhetisch, so hat man die Läsion in der Höhe des siebenten Segmentes zu suchen. Die Erfahrung — Bruns — hat gezeigt, daß es immer zweckmäßig ist, noch ein Segment höher die Läsion anzunehmen. Das wäre also das sechste Segment. Ein Blick auf die hier beigegebene Gowerssche Figur zeigt, daß dieses sechste Rückenmarkssegment dem fünften Dornfortsatz der Brustwirbelsäule

gegenüberliegt. An diesem also ist, falls man zu einer Operation sich entschließt, der Wirbelkanal zu öffnen. Es ist namentlich Horsleys Verdienst, wenn wir heute wissen, daß man am sichersten geht, wenn man immer den Herd möglichst hoch annimmt. Durch Nichtbeachtung der eben gegebenen Regeln ist wiederholt zu tief operiert und eine vorhandene Erkrankung nicht gefunden worden.

Achte Vorlesung.

Vom Rückenmarke. Die Wurzeln und der Eigenapparat.

M. H.! Bis zu den Untersuchungen von Stilling und Clarke glaubten die Anatomen, daß alle die Fasern, welche als Wurzelfäden an das Rückenmark herantreten, einfach zum Bündel gesammelt, in diesem zum Gehirne zögen. Aber schon die ersten eingehenderen Untersuchungen lehrten, daß dem nicht so ist, daß im Rückenmarke Fasern verschwinden, daß neue da auftauchen und vor allem, daß die Summe der eintretenden Bahnen sehr viel größer ist, als die Fasermasse, welche etwa oben im Halsmarke des Rückenmarkes gefunden wird.

Heute ist durch zahlreiche Untersuchungen der Bau des Markes so geklärt, daß er sich in seinen Hauptelementen ganz einfach darstellen läßt. Man hat seinerzeit mit der Untersuchung einfacher Querschnitte begonnen, später hat man erkannt, daß einzelne anscheinend einfache Bündel bei Erkrankungen, vor allem nach Unterbrechungen, verschieden degenerierende Unterabteilungen hatten, dann wurde entdeckt, daß noch mehr solche Abteilungen existierten, Abteilungen, die sich zu verschiedenen Entwicklungsperioden mit Mark umgeben und schliesslich hat man, im allgemeinen vertraut mit dem Wichtigsten im Bau, es gewagt, experimentell an das Mark heranzutreten. Man hat einzelne Wurzeln, einzelne Stränge durchschnitten und mit sehr vollkommenen Methoden die Entartungen verfolgt, welche danach eintreten.

Auf einem Querschnitte durch das Rückenmark Fig. 49 erkennen Sie zunächst weiße Substanz in der Peripherie und graue Substanz in H-Form im Zentrum. Die beiden Rückenmarkshälften sind ventral (vorn) getrennt durch die Fissura anterior, dorsal durch durch das Septum mediale. Verbunden werden sie durch eine Kommissur weißer Substanz vorn, grauer Substanz hinten. Die vordere Ausdehnung der grauen Substanz nennt man die Vorderhörner oder Vordersäulen, die hintere die Hinterhörner, resp. Hintersäulen.

Zwischen den Vorderhörnern liegen die Vorderstränge, zwischen den Hinterhörnern die medialen und die lateralen Hinterstränge, meist getrennt durch ein kleineres Bindegewebsseptum. Rechts und links von der grauen Substanz liegen die Seitenstränge. Mitten durch das H der grauen Substanz verläuft der mit Epithel besetzte

Zentralkanal, umgeben von der Substantia gelatinosa centralis. Die Spitze der Hinterhörner wird von der Substantia gelatinosa Rolando bedeckt.

Die Verteilung von weißer und grauer Substanz ist nicht in allen Querschnittshöhen die gleiche wie sie auf unserem Schnitt dargestellt ist. Namentlich überwiegt vom oberen Lendenmark an abwärts entschieden die graue Substanz. Fig. 50 zeigt Querschnittsbilder aus den verschiedenen Höhen des Rückenmarkes.

In allen Querschnittshöhen erkennen sie die Vorder- und Hinterhörner sofort. Sie bemerken aber, daß vom mittleren Halsmarke bis hinab etwa zum 3. Dorsalsegmente und ebenso innerhalb des Lendenmarkes, seitlich an der Basis des Vorderhornes noch eine mächtige

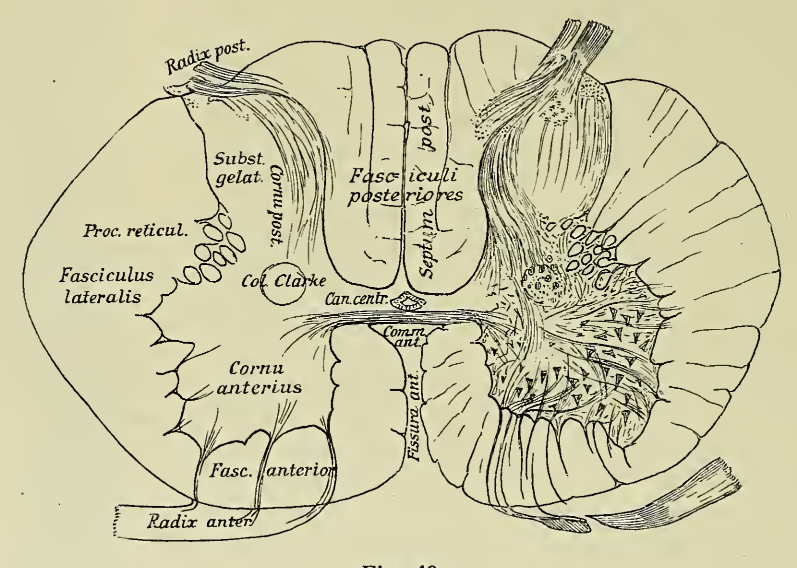


Fig. 49.
Querschnitt des Rückenmarkes. Halsanschwellung.

Auswölbung existiert. Diese Auswölbung, das Seitenhorn, entsteht dadurch, daß in den betreffenden Höhen das Rückenmark nicht nur die Bewegungsnerven für den Stamm, sondern auch für die Extremitäten abzugeben hat. Aus ihm stammen vorwiegend die motorischen Fasern für Arme und Beine.

Dorsal von dem Seitenhorn, im Winkel zwischen ihm und dem Vorderhorne, ist die graue Substanz nicht scharf abgegrenzt, sie geht vielmehr in ein Netz von grauen Balken und Zügen über, das weithin in die weiße Substanz hineinragt. Dieses Netz heißt Processus reticularis.

Am Conus terminalis hat die graue Substanz nur noch einen dünnen Überzug weißer Fasern (Sacr. 5. Fig. 50).

Von der Dorsalseite her treten in das Rückenmark die sensiblen Wurzeln aus den Spinalganglien; aus den ventral liegenden Vorderhörnern gehen die motorischen Wurzeln ab.

Die graue Substanz besteht im wesentlichen aus den aufgesplitterten Wurzelfasern und vielgestalteten Ganglienzellen, zu denen jene Wurzelfäden in Beziehung treten. Außerdem ist sie noch erfüllt von den Dendritenausläufern der Ganglienzellen und von Nervenbahnen verschiedener Herkunft. Desshalb bietet ein Schnitt, wenn alle Achsenzylinder gefärbt sind, ein überaus verwirrendes Bild.

Die Zellen des Vorderhornes sind groß, senden zahlreiche Fortsätze aus und haben den in Fig. 4 und Fig. 7 abgebildeten Typus. Die im Hinterhorne liegenden Ganglienzellen sind kleiner als die Vorderhornzellen. Meist haben sie eine der Spindel sich nähernde Gestalt. Ihr Achsenzylinder verzweigt sich entweder schon nahe an der Zelle zu einem feinen Flechtgewebe, oder er zieht in der Rückenmarksubstanz weiter Nie geht er in eine periphere Nervenfaser über.

Die weiße Substanz, welche die graue umgibt, besteht wesentlich aus in der Längsachse des Rückenmarkes verlaufenden Fasern, zu denen noch die schräg aufsteigenden Fasern der Nervenwurzeln und eine gewisse Anzahl von anderen Fasern kommen, welche mehr oder weniger senkrecht zur Längsachse aus der grauen Substanz heraus zu den weißen Fasersträngen ziehen. Die Nervenfasern haben einen Achsenzylinder und eine Markscheide. Die Breite der letzteren wechselt sehr. Eine Schwannsche Scheide fehlt ihnen.

Der Achsenzylinder ist ein längsgestreiftes Gebilde überall, wo man ihn bisher untersucht hat. Wahrscheinlich besteht er aus zahlreichen einzelnen Fäserchen. Neuere Untersuchungen haben nun gezeigt, daß die Achsenzylinder der im Rückenmarke verlaufenden Nervenfasern nicht sich als Ganzes in die Endstätten innerhalb der grauen Substanz einsenken, sondern daß es sich hier um eine Art Aufsplittern handelt. An allen langen Nervenfasern sieht man innerhalb der weißen Stränge und auch innerhalb der grauen Substanz, daß in gewissen Abständen, senkrecht zur Achse, ein feines Fäserchen sich ablöst, daß dieses nach der grauen Substanz hinstrebt, und man erkennt 'zuweiten, daß es dort sich in einen feinen Pinsel auflöst. Die Stelle, wo diese „Kollateralen“ vom Stamme abgehen, ist meist durch eine kleine Verdickung gekennzeichnet.

Das Rückenmarkweiß ist von zahlreichen, radiär gestellten Septen durchzogen. In diesen, die von Neuroglia gebildet sind, dringen die Randgefäße des Markes in die Tiefe.

Die Nervenfasern in der weißen Substanz sind alle von einem lockeren Netz von **Neurogliafasern** umsponnen. In der grauen Substanz findet sich die dichteste Anhäufung in der Umgebung des Zentralkanales. Substantia gelatinosa centralis. Sie erscheint für das bloße Auge bei der Weigertschen Färbung als dunkelblauer Fleck.

Weniger dicht, aber dichter, als in der weißen Substanz ist das Glia-

geflecht in den Vorderhörnern. Am spärlichsten im ganzen Querschnitte des Rückenmarkes sind die Gliafasern in der Substantia gelatinosa Rolandi.

Auch die ganze Peripherie ist von einem dünnen Mantel fast reiner Gliasubstanz überzogen, der gelatinösen Rindenschicht (Fig. 58 rechts). Ebenso findet sich an der Spitze des Hinterhornes eine besonders dichte Gliawucherung. Hier erleidet die eintretende Hinterwurzel, wesentlich auf Kosten ihrer Markscheiden, eine wahre Verdünnung, so daß sie im Schnitte wie eingeschnürt erscheint.

Über das Epithel des Zentralkanales bei Föten orientiert Sie Fig. 6. Auch bei jugendlichen Individuen liegen die Zellen noch in regelmäßiger Reihe der Gliaschicht direkt auf. Ihre Flimmern verlieren sie wahrscheinlich schon bald nach der Geburt, doch bleibt zeitlebens eine eigentümliche Schicht kleiner, regelmäßig gestellter Körnchen am inneren Zellrande erhalten, die schon beim Fötus dicht unter den Flimmern nachweisbar ist. In dem Maße, wie die Epithelzellen älter werden, scheint ihre Resistenz sich zu schwächen. Sie weichen auseinander, lassen Gliafasern zwischen sich hindurchtreten, ja sie lösen sich von ihrer Unterlage ab und liegen als wirr oder in kleinen Kränzchen zusammengeballte Haufen mitten zwischen den in die freigewordenen Räume mächtig einwuchernden Neurogliafasern. Es entsteht durch diese Verwachsung eine lumenlose Zellmasse an Stelle des ursprünglichen Zentralkanales, oder man findet ein oder mehrere sehr kleine Lumina im Zentrum des Rückenmarkes. Weigert.

Soviel läßt sich durch die Untersuchung von Schnitten reifer Rückenmarke ermitteln.

Die rein anatomische Darlegung belebt sich sofort, wenn sie erfahren, daß wir in der grauen Substanz sowie in den ihr benachbarten weißen Fasern den Eigenapparat des Rückenmarkes vor uns haben. Die weiter von dem Grau entfernten Fasern verbinden entweder weit von einander liegende Stücke des Rückenmarkes unter einander oder sie ziehen vom Rückenmarke zu anderen Hirnteilen.

Der **Eigenapparat** des Rückenmarkes nimmt die Gefühlsbahnen zum größten Teile auf und sendet alle motorischen Fasern aus. Zahlreiche Verbindungen ihn ihm und Faserzüge, welche ihn umgeben, um einzelne Höhen des Markes untereineinder zu verknüpfen, ermöglichen eine Summe von physiologischen Leistungen, an die sie sich erinnern, wenn sie dessen gedenken, was ein enthirntes Tier, also ein solches, dessen Verbindungsbahnen nicht mehr funktionieren, vermag. Alle die komplizierten Bewegungen des geköpften Frosches z. B. beruhen nur auf der Leistung des Eigenapparates. Er ist der phylogenetisch älteste Teil des ganzen Zentralnervensystemes und bildet bis weit in die Säugerreihe hinein dessen Hauptmasse. Seine Ausbildung ist nur abhängig von der Masse der Körper- und Extremitätenmuskulatur, nicht etwa von der Entwicklung, welche irgendein anderer Teil des Zentralapparates erfahren hat. Da der Eigenapparat die Hauptmasse des Rückenmarkes ausmacht, wird dieses um so mächtiger sein, je größer etwa die zu versorgende Muskelmasse oder Hautpartie ist. Es kann desshalb auch gar kein bestimmtes Volum oder Gewichtverhältnis zwischen Rückenmark und Gehirn derart be-

stehen, daß etwa die Zahlen, die man an der Fledermaus und dem Walfisch erhält, irgendwie untereinander vergleichbar sind. Zahlreiche Wägungen usw. sind desshalb ganz nutzlos angestellt worden. Das Walrückenmark ist eben absolut größer als das eines kleineren Tieres, weil es absolut mehr Körpermaß zu versorgen hat. Nur beim Menschen und einigen höheren Säugern ist die Masse des Gehirnes größer als die Rückenmarkmasse, bei den allermeisten anderen Tieren ist es umkehrt. Wir können das am besten so ausdrücken:

Der Eigenapparat und mit ihm das Rückenmarkvolum ist nur abhängig von der Körpermasse des Tieres.

Die Ausbildung der grauen Substanz, die Form, welche sie auf dem Schnitte bietet, steht ganz direkt in Beziehung zu ihrer Funktion.

Sehr gut kann man das erkennen, wenn man Schnitte durch verschiedene Höhen des menschlichen Rückenmarkes untereinander vergleicht.

Der Umriß des Vorderhornes in den oberen Cervikalsegmenten wird dadurch bestimmt, daß hier die Kerne für die kräftige Nacken- und Halsmuskulatur liegen. Vom vierten Cervikalsegment an nimmt das Vorderhorn zu, weil die Kerne für die Schultermuskeln sich denen der Stammmuskulatur zuaddieren. Im Bereiche des fünften Segmentes wächst lateral noch ein mächtiger Kern heraus. Er sendet seine Nervenbahnen in die Armmuskulatur und bleibt erhalten bis unterhalb des ersten Dorsalsegmentes. Vom zweiten Cervikalsegmente an ist wieder nur die Stammmuskulatur zu versorgen und sofort nimmt der Umfang sehr ab. Auf diesem Schnitte wollen Sie ihre Aufmerksamkeit noch der kleinen Zacke des Seitenhornes schenken, die etwas weiter frontal verwischt ist, aber innerhalb der vordersten Cervikalsegmente recht deutlich wieder vortritt. Hier entspringen höchstwahrscheinlich die Fasern des Halssympathikus; desshalb die addierte Zacke. Innerhalb der ganzen Dorsalsegmentreihe ändert sich das Querschnittsbild natürlich nicht mehr, aber vom elften Wurzelpaare ab nimmt die graue Substanz wieder zu. Hier liegen die Kerne für den mächtigen Iliopsoas, die noch ein gutes Stück weiter kaudal reichen und vom ersten Lumbalsegmente ab addieren sich hierzu noch die Kerne für die Muskeln der Unterextremität. Der Umriß der grauen Substanz wird wieder sehr viel größer, ziemlich im gleichen Sinne wie weiter vorn innerhalb der Kernregion für die Arme (Fig. 50).

Das Rückenmark der Tiere gleicht sehr dem des Menschen, aber gelegentlich bietet es Abweichungen, die besonders lehrreich sind. Der Walfisch mit seiner dicken Haut besitzt z. B. nur ganz minimal entwickelte Endstätten für die Hautgefühlsbahnen. Deshalb sind, wie Sie auf Fig. 51 sehen, die Hinterhörner verglichen mit denen des Menschen sehr klein.

Wohl aber ist bei ihm für die mächtige Körpermuskulatur in den Vordersäulen ein viel größeres Zentrum gegeben als man es in analoger Stammhöhe beim Menschen findet.

In derlei Dingen liegen die wesentlichen Differenzen zwischen dem

Rückenmarke einzelner Säuger und dem des Menschen. Nur die graue Kommissur zwischen beiden Hälften ist noch sehr variabel, dünnere

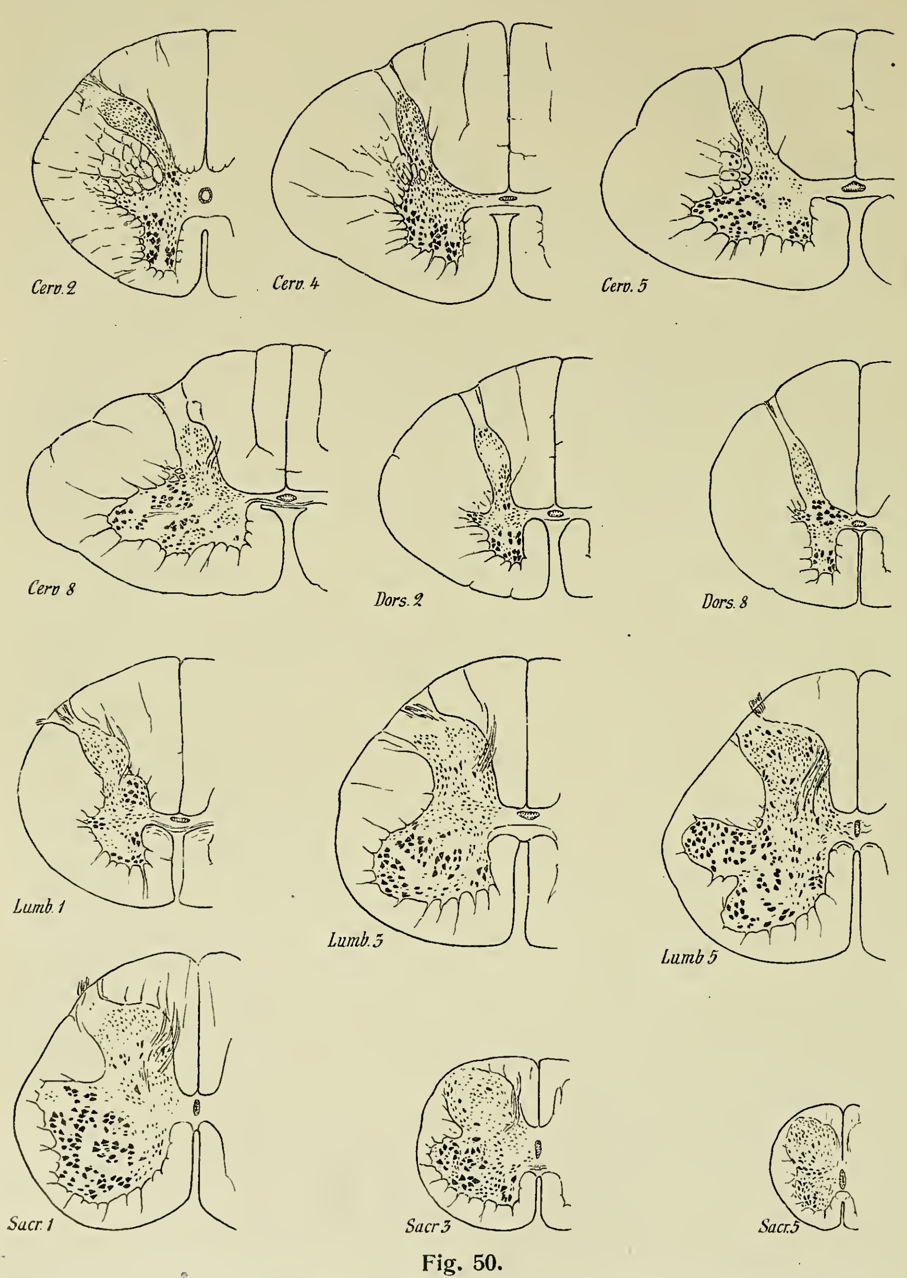


Fig. 50.

Schnitte durch das Rückenmark in verschiedenen Höhen. Zu beachten auch die Zahl und Lage der Zellen in jedem Segment.

und dickere Platten, ja Verdoppelungen mit zwischengeschalteter weißer Substanz kommen vor.

Die weiße Substanz enthält alle Fasern, welche das Rückenmark mit dem Kleinhirne, der Oblongata, dem Mittelhirne und dem Thalamus verbinden, Fasern, welche aus diesen Zentren kommen und solche, welche dahin ziehen. Bei den Säugetieren enthält sie auch eine direkte Bahn aus dem Großhirne, diese ist beim Menschen am meisten entwickelt.

Mitten in diese Bahnen eingesprengt liegen die Züge zur Assoziation des Eigenapparates. Weil sie aus dem Marke stammen und in ihm bleiben, hat man sie als endogene Fasern im Gegensatz zu den Leitungsbahnen bezeichnet.

Diese ganze Masse wird von den ein- und austretenden Wurzeln durchquert.

Betrachten wir nun diese Zentren und Bahnen etwas näher. Die Hinterwurzeln aus den Ganglienzellen der Spinalganglien führen, wie Sie bereits gehört haben, dem Zentralorgan alle Sinneseindrücke zu, welche aus der Haut, den Muskeln, Gelenken und Knochen stammen, außerdem wahrscheinlich Rezeptionen aus sympathischen Gebieten. Was wird aus diesen Gefühlsbahnen im Rückenmarke?

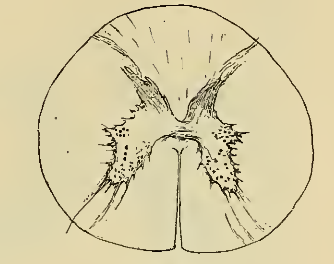


Fig. 51.
Rückenmark von Phocaena comm. nach einem Präparate von Rawitz.

Die Betrachtung eines gut gefärbten Schnittes, etwa der Fig. 49 lehrt zunächst, daß die Hinterwurzel medial vom Hinterhorn eintritt und dort sofort in mehrere Teile zerfällt. Diese Wurzeleintrittszone bildet für manche pathologische Prozesse einen günstigen Angriffspunkt. Aus Untersuchungen an Golgipräparaten und aus ebensolchen von Rückenmarken mit durchschnittenen Wurzeln weiß man, daß jede eintretende Faser sich in zwei Teile spaltet, einen der eine kurze Strecke kaudal zieht, ehe er endet und einen Hauptteil, dessen Verhalten uns vorwiegend interessiert. Kaudal von jeder eintretenden Wurzel liegt also ein kleines ihr zugehöriges Areal. Es hat kommaförmigen Querschnitt und wird nach seinem Entdecker Schultzesches Komma genannt. Diese absteigenden Wurzelelemente liegen in den Hintersträngen des Halsmarkes lateral, nahe dem Wurzeleintritt. Vom mittleren Brustmark an geraten sie mehr und mehr median.

Die Hauptmasse jeder Hinterwurzel spaltet sich mindestens in drei Teile. Ein medial gelegener Teil setzt sich direkt in die Hinterstränge fort, ein zweiter durchmißt sie in schön geschwungenem Bogen, um sich in die graue Substanz einzusenken und ein dritter lateraler, vorwiegend aus ganz feinen Fasern bestehend, gelangt in die Spitze des Hinterhornes. Das ist auf Fig. 49 recht gut zu sehen.

Die Züge, welche sich nach der grauen Substanz wenden, enden da bald, wir wollen später sehen, was aus ihnen wird, die Hauptmasse der Hinterwurzeln aber zieht einfach in den Hintersträngen hirnwärts.

Die Hinterstränge bestehen fast ausschließlich aus den eintretenden Fasern der hinteren Wurzeln. Sie entstehen unter Umständen selbst da, wo die übrige Rückenmarksanlage zugrunde geht. Fig. 55 (1, 2).

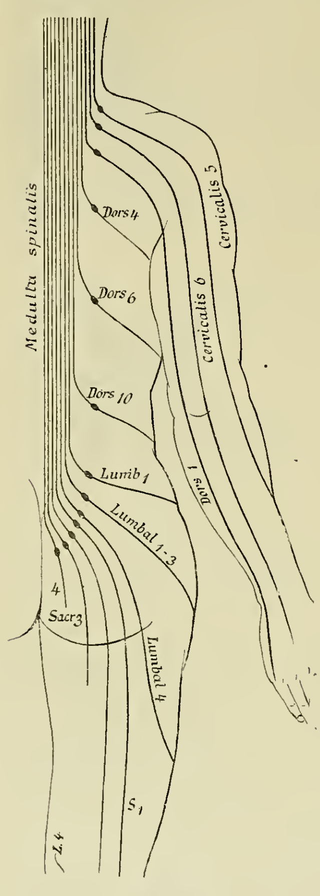


Fig. 52.
Schema des Aufbaues der Dorsalstränge.

v. Leonowa hat einen Fall von Fehlen des Rückenmarkes veröffentlicht. Da die Spinalganglien angelegt waren, haben sich aus diesen Dorsalwurzeln entwickelt, die dann in dem leeren Wirbelkanale hirnwärts zogen, es waren isolierte Hinterstränge. Später ist der gleiche Befund noch mehrmals erhoben worden.

Es ist auch gelungen, innerhalb der Hinterstränge das hirnwärts etwas abnehmende Faserareal für jede einzelne Wurzel zu ermitteln. Singer und Münzer haben zuerst gezeigt, daß, wenn man eine Wurzel durchschneidet, ihr Degenerationsfeld von der nächst höher eintretenden Wurzel medialwärts geschoben wird. Sie lehrten uns, daß ein solches Einwärtsdrängen der Wurzeln durch frontalwärts entspringende den Gesamtaufbau beherrscht. Spätere Untersuchungen, zum Teil auch an erkrankten menschlichen Rückenmarken, haben das durchaus bestätigt. Man kann sich heute den Aufbau der Hinterstränge so vorstellen wie es das Schema von Fig. 52 zeigt, auf welchem auch bis zu gewissem Grade die Wurzelareale berücksichtigt sind.

Man sieht an dieser Zeichnung, daß oben im Halsmarke die Fasern aus den Unterextremitäten in den Gollschen Strängen zu suchen sind, während die Burdachschen Stränge noch sehr viele Fasern aus den oberen Extremitäten führen.

Die Gollschen Stränge nehmen von unten nach oben bis an das Brustmark zu, weil sie Teile der fortwährend eintretenden hinteren Wurzeln aus den sensorischen Nerven gelegentlich bis ca. zum vierten Dorsalnerven (Schaffer) der Medulla oblongata zuführen.

In den Conus terminalis treten keine sensiblen Wurzeln mehr ein. So gibt es da auch keine aufsteigenden Hinterstrangfasern mehr. Was hier von Fasern im Hinterstrange liegt, gehört absteigenden Wurzelteilbündelchen an und dem noch zu erwähnenden Tractus cervico-lumbalis dorsalis. Am unteren Rückenmarksende hören zuerst also die Hinterstränge auf, aus den etwas längeren Seitensträngen treten noch ventrale Wurzeln ab. J. Müller.

Die Fasern der Dorsalwurzel, welche in den Hintersträngen hirnwärts ziehen, senken sich zu einem Teil während des Verlaufes in die graue Substanz. Was übrig bleibt, taucht am frontalen Ende des Rückenmarkes in mächtige Kerne ein, die Hinterstrangkerne.

Wird das Rückenmark durch irgend einen Prozeß quer getrennt, so entarten alle Hinterstrangfasern bis hinauf zu ihren Bulbärkernen, weil ihre Fasern ja dann von ihren Ursprungszellen im Spinalganglion getrennt sind. Man nennt diese Entartung aufsteigende sekundäre Degeneration. Erkranken die Wurzeln selbst, wie das bei der Tabes der Fall ist, so erhält man Degenerationen im Hinterstrang, welche je nach der Zahl der befallenen Wurzeln verschieden dicht sind. Es kann z. B. bei einem bestimmten Tabesfall wesentlich der Wurzelapparat aus



Fig. 53. **Fig. 54.**

Schnitte durch das Cervikal- und durch das Lumbalmark mit Einzeichnung der ungefähren Grenzen zwischen den einzelnen Abteilungen des Markmantels. Unter Benutzung der entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen wesentlich nach Präparaten mit sekundären Degenerationen des einen oder anderen Systems. 6. laterale, 7. mediale Hinterstränge, 8. Wurzeleintrittszone, 9. ventrales Feld, 10. Randzone.

den Beinen zerstört sein, während von weiter vorn entspringenden Wurzeln nur einige beteiligt sind. Dann erhält man Querschnitte des Rückenmarkes, auf denen die Gollschen Stränge fast faserlos sind, während in den Burdachschen Strängen nur einzelne Wurzelareale ausgefallen sind.

Da bei den Embryonen nicht alle Wurzelfasern sich gleichzeitig mit Mark umgeben, kann man durch die Untersuchung von Rückenmarken verschiedenen Alters sehr gute Bilder vom Aufbau der Dorsalstränge bekommen. Es werden auch nicht alle Fasern der gleichen Wurzel gleichzeitig markhaltig. Vielmehr scheint es, als gäbe es — Entwicklung und Degeneration sprechen dafür — noch innerhalb der einzelnen Wurzelbahnen differente Faserarten.

Alle Fasern der sensiblen Bahn, welche nicht in den Hintersträngen frontalwärts ziehen, enden bald nach ihrem Eintritt in der grauen Substanz. Man kann mehrere Anteile unterscheiden. Zunächst gibt es, Fig. 55, (3) kräftige Bündel, die medial von dem Hinterhorn zuerst in die Stränge treten, dann aber in

in leicht geschwungenem Bogen sich lateral wenden und von innen her in das Hinterhorn eindringen. Man kann sie bis zu einer Gruppe größerer rundlicher Zellen verfolgen, die von dünnen Fasern umgeben, eine Säule im Rückenmarke bilden, welche in wechselnder Stärke vom Sakralmarke bis zum Halsmarke nachweisbar ist. Es ist die Clarke-Stillingsche Säule. Versilberungspräparate lehren, dass die Fasern der Dorsalwurzel sich um die Zellen der Säule herum aufsplittern. Wird die Wurzel durchschnitten, so entarten die Fasern nur bis zu der Säule. Sie haben also ihren Ursprung in den Spinalganglienzellen, ihr nächstes Ende an jenen Zellen.

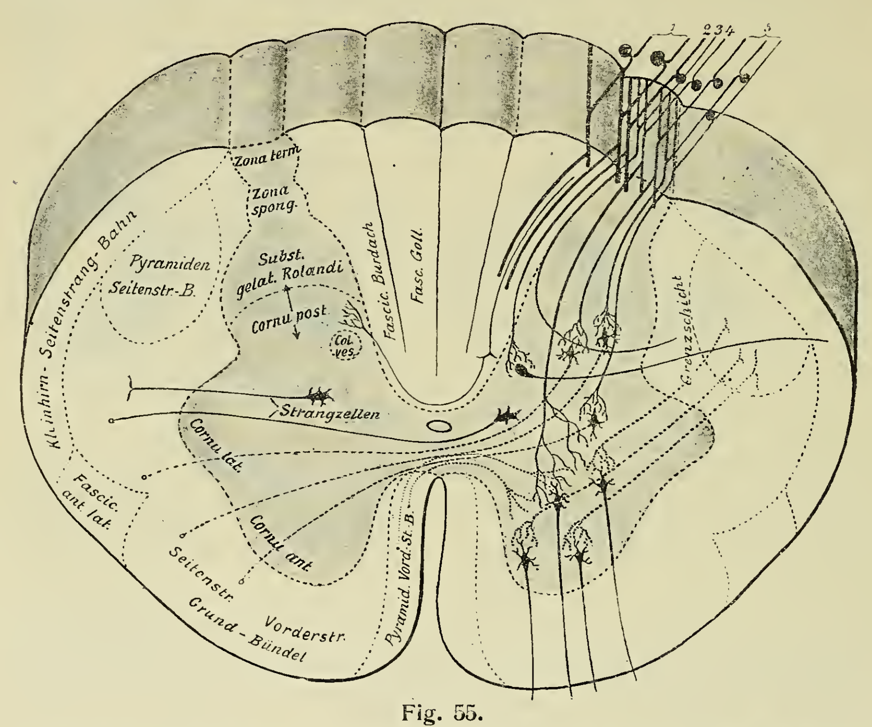


Fig. 55.

Schema eines Rückenmarksquerschnittes, in den der zentrale Verlauf einiger wichtigen Züge eingezeichnet ist. Man vergleiche auch die nicht schematische Fig. 62 rechts. Die Achsenzylinder aus Vorderhornzellen zur hinteren Wurzel weggelassen. Bahnen erster Ordnung ausgezogen, Bahnen zweiter Ordnung punktiert.

Die eben geschilderten Anteile der Hinterwurzel liegen medialwärts von der Spitze des Hinterhornes. Lateral von ihnen liegen (4) Bündelchen starker Fasern, die sich weithin durch die Substantia gelatinosa und das Hinterhorn hindurch bis zu den großen Zellen des Vorderhornes verfolgen lassen, um die herum sie aufsplittern. Diese Bahn wird gewöhnlich als kürzeste Reflexbahn aufgefaßt (s. a. Fig. 56).

Weiter lateral liegen (5) Wurzelfasern, welche nach längerem oder kürzerem Verlaufe in die graue Substanz eintreten. Diese Fasern spalten sich alle, gleich nachdem sie die Peripherie der grauen

Substanz erreicht haben, oder auch erst innerhalb derselben in einen auf- und einen absteigenden Ast. Manche von ihnen, namentlich starkfaserige, durchmessen erst die Substantia gelatinosa Rolandi ehe sie sich teilen. Aus den Teilästen treten dann zahlreiche Kollateralen in das Grau, besonders des Hinterhornes, wo sie sich, kleinen dünnen Pinselchen gleich, um die Zellen verästeln, welche dort liegen. Die feineren Fasern zerfallen zumeist schon an der Peripherie des Hinterhornes in ihre Teiläste. So entsteht zwischen Hinterhornspitze und Rückenmarkperipherie ein Feld, das von den auf- und absteigenden dünnen Fäserchen durchzogen wird (Randzone, Zona terminalis). Aus der Randzone gehen dann fortwährend feine Fäserchen in ein zwischen ihr und der gelatinösen Substanz liegendes Netzwerk — Zona spongiosa —, und erst aus diesem Netze entwickeln sich dann wieder feine Züge, welche die gelatinöse Substanz durchziehen und in das Fasergewirr, welches das Hinterhorn erfüllt, gelangen. Wahrscheinlich treten sie dann in gleiche Beziehung zu den Zellen, wie die stärkeren Fasern, von denen eben die Rede war.

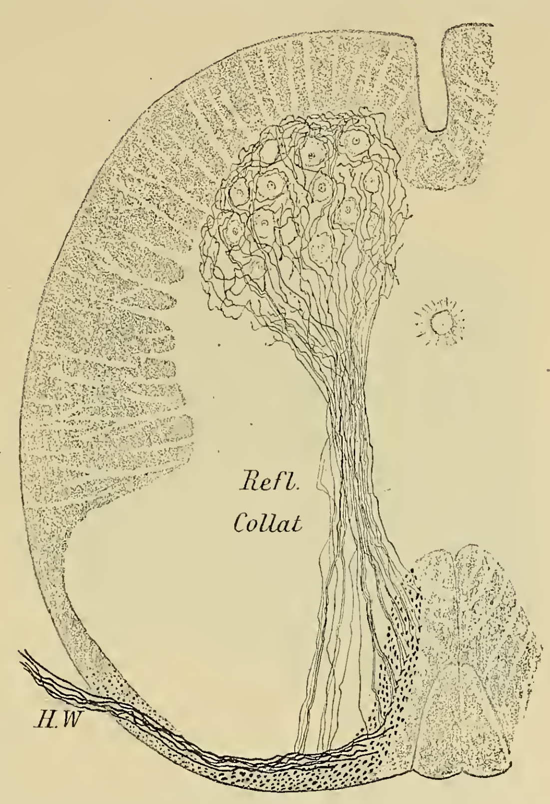


Fig. 56.
Kollateralen aus der Hinterwurzel zum Vorderhorn. Vom Rückenmarke der neugeborenen Maus; nach Lenhosséck.

Es darf indes nicht aus dem Auge gelassen werden, daß vieles, was hier vom Faserverlaufe in der Hinterwurzel mitgeteilt worden ist, beim Menschen noch nicht mit aller Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Soweit man aber hier untersucht hat, haben sich immer gleiche Verhältnisse ergeben, wie an den Säugetieren, von denen man bei der Untersuchung ausgegangen ist.

So weit läßt sich zunächst die sensible Bahn in das Rückenmark verfolgen: Als Wichtigstes ist also festgestellt, daß ein Teil als „Hinterstränge" hirnwärts zieht, daß ein zweiter zunächst in der Clarkeschen Säule endet, und daß die Hauptmasse der lateraler liegenden Fasern nach kürzerem oder län-

gerem Verlaufe sich um Zellen der Hinter- und Vorderhörner herum aufspaltet. Außerdem sind Fasern bekannt, welche in die seitliche gemischte Zone gelangen, solche, welche aus dem Vorderhorne stammen, und solche, welche da enden.

Die Vorderwurzeln stammen alle aus den Zellen der Vordersäulen.

Macht man Sagittalschnitte durch ein Rückenmarksegment, so sieht man ihre Züge sanft ansteigend die Vorderseitenstränge durchmessen um in die graue Substanz des Vorderhornes einzutreten. Auf Querschnitten erkennt man dann, Fig. 57, wie jedes Wurzelbündel in feine Ästchen auseinanderfährt. Alle begeben sich dann zu den großen Zellen, welche das Vorderhorn erfüllen. Sie sind deren Achsenzylinder. Die Mehrzahl der Vorderwurzeln stammt aus gleichseitigen Zellen, einige aber kommen auch auf dem Wege durch die vordere Kommissur aus Zellen des gekreuzten Vorderhornes.

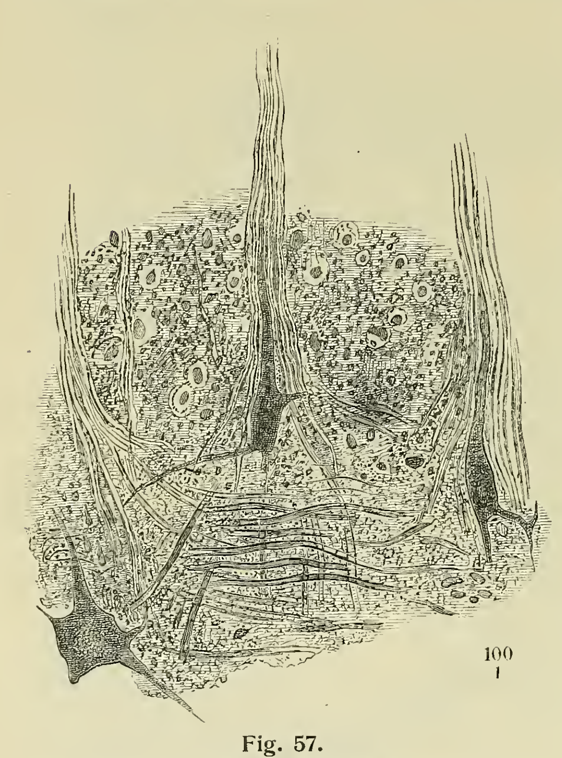


Fig. 57.
Vom vorderen Rande eines Querschnittes der grauen Vordersäule. Übergang der Zellfortsätze in die vorderen Wurzeln. Karminpräparat $^{100}/_{1}$. Nach Henle.

Die Vorderhornzellen sind zumeist in Gruppen angeordnet. Welche Beziehung die einzelnen Gruppen zu den Wurzeln haben, ist nur teilweise bekannt. Voraussichtlich ist ein Gewinn für unser Wissen zu erwarten, wenn in allen Fällen, wo intra vitam ein Ausfall in der Peripherie sich wohl umgrenzen ließ, post mortem eine sorgfältige, speziell auf die Lokalisation von veränderten Ganglienzellen gerichtete Untersuchung stattfindet. Jeder von Ihnen, meine Herren, kann berufen sein, uns hier voranzuhelfen. So wird es wichtig sein, daß Sie sich mit einer Einteilung der Zellengruppen im Rückenmarkgrau bekannt machen, die, auf morphologische Befunde gestützt, das rein tatsächlich einstweilen Bekannte umfaßt. Eine solche Einteilung verdanken wir Waldeyer. Ich lege Ihnen in der Abbildung, Fig. 58, dieselbe vor. Die im Halsmarke sehr gut abgegrenzten und im Lendenmarke besonders zellreichen Gruppen sind im Brustmarke weniger gut ausgeprägt, entsprechend dem geringen Volum und vielleicht auch den andersartigen Funktionen der dort entspringenden Nerven. Das erhellt aus Fig. 50, wo die Zellen sehr sorgfältig eingezeichnet sind.

Vieles über die Lokalisation im Marke hat bereits die vereinte Arbeit beobachtender Ärzte kennen gelehrt.

Zwar sind eigentlich scharf abgrenzbare Kerne für die einzelnen Muskeln nicht im Rückenmark ohne weiteres abzuscheiden. Aber es ist doch gelungen, durch das Studium der Zellatrophien, welche nach bestimmten Muskelausfällen, etwa nach Amputationen oder nach isolierten Muskelatrophien auftreten, die ungefähre Lage der Ursprungszellen für die wichtigsten Rumpf- und Extremitätenmuskeln zu ermitteln. Auch das Experiment, d. h. die künstlich durch Ausreißung des motorischen Nerven gesetzte Zelldegeneration hat hier vielfach Aufklärung gebracht.

Die Resultate, welche es ergab, gelten, streng genommen, natürlich nur für die betreffenden Tiere, aber wir wissen doch auch vom Menschen

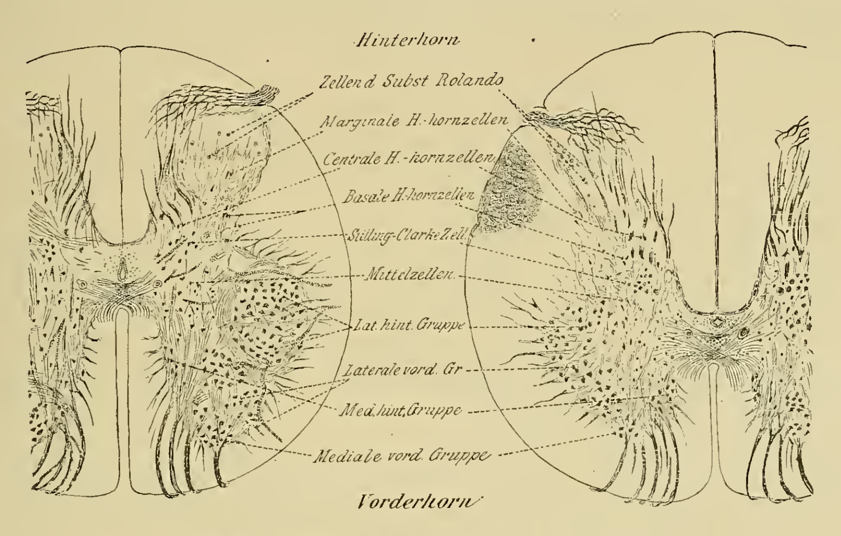


Fig. 58. Nach Waldeyer, wenig modifiziert.

Schnitt durch

den caudalen Teil der Halsanschwellung. die Lendenanschwellung.

Die Einteilung beruht auf den Bildern, welche sich am reifen Rückenmarke mit Karmin darstellen lassen. Andere Methoden zeigen, daß, wenigstens am fötalen Marke, in einzelnen Gebieten sehr viel mehr Zellindividuen vorhanden sind, als hier gezeichnet wurden.

schon so viel, daß heute ein Überblick möglich ist. Soweit ich sehe, sind wir berechtigt, die zunächst für die Vorderwurzeln S. 93 gegebene Tabelle direkt auf die Lokalisation im Marke selbst zu beziehen. Gelangen doch alle Vorderwurzeln ohne Umwege direkt zu ihren Ursprungszellen.

Auf diese Tabelle wäre also für die Höhenlokalisation im Marke zu verweisen.

Aus dem gleichen Untersuchungsmaterial ließ sich auch einiges über die Lokalisation auf dem Querschnitt ermitteln. Die oberste Zeile der Tabelle zeigt, daß die langen Muskeln des Stammes aus

allen Segmenten Fasern bekommen. Diese müssen also einer Zellgruppe entstammen, welche in allen Höhen gleichartig nachweisbar ist. Nur eine einzige entspricht dieser Anforderung, die mediale hintere Gruppe. Die dürfen wir also als Kern der Rumpfmuskulatur auffassen. Aus der medialen vorderen Gruppe stammen wahrscheinlich die Muskeln frontal an der Wirbelsäule, die Scaleni, der Iliopsoas usw. Der lateralen vorderen Gruppe dürften die Muskeln vorne am Halse, die Intercostales und die Schulterblatt- sowie die Beckenmuskeln entstammen. Sie ist, wie die vorgenannten, überall nachweisbar, schwillt aber an, wo die Fasern zu der genannten Muskulatur entspringen. Die Abbildung Fig. 50 zeigt Ihnen dann wie im Abgangsbereich der mächtigen Extremitätennerven die laterale hintere Gruppe zu einem mächtigen Kerne anschwillt. In diesem finden sich denn auch immer die Degenerationen, wenn Vorderarm und Hand, Unterschenkel und Fuß entfernt worden sind. Aber es fehlen dann auch oft in benachbarten Gruppen noch Zellen.

So liegen also im Rückenmarke die Kerne der proximalen Muskeln medial, die der distalen im allgemeinen lateral, die Zellen für die Schultermuskulatur finden Sie näher an der Mittellinie als diejenigen, welche die Handmuskeln innervieren.

Wir wissen, daß die Fasern des Halssympathikus mit dem obersten Thorakalnerven in das Rückenmark eintreten. Verschiedene Durchschneidungsversuche des Halssympathikus (Mott und Sherrington, Anderson, Hering u. a.) ließen erkennen, daß im Rückenmarke nachher die Zellen des Seitenhornes vom 8. Cervikal bis zum ca. 6. Thorakalsegment entarten.

Nahe der Vorderhornbasis, medial von der lateralen vorderen und der lateralen hinteren Gruppe, sehen Sie in Figur 50 einige wenige isolierte Zellen liegen. Diese kleine Gruppe kann man nach den Untersuchungen von Sano und von Kohnstamm vom 3. bis zum 6. Cervikalsegmente etwa verfolgen. Da sie nach Ausreißen des Phrenikus entartet, muß sie der Kern des Zwerchfellnerven sein.

Noch ganz unsicher ist die Lage der Bauchmuskelkerne. Es kann eine Gruppe nahe den Rückenmuskelkernen in Betracht kommen (van Gehuchten), es kann aber auch, das ist mir und Sano wahrscheinlicher, eine Zellgruppe im Seitenhorn diesen Kern darstellen.

Aus den Ihnen bekannten Gründen erstrecken sich die Ursprungszellen für viele Muskeln, s. Tabelle, über mehrere Segmente. Sie können sich deshalb dieselben als Säulen verschiedener Länge vorstellen und mögen — eine lehrreiche Übung — an der Hand der Tabelle einmal ein Rückenmark mit richtig langen Kernsäulen sich zeichnen.

Um nun diese für die klinische Diagnostik wichtigen Darlegungen nochmals klar zu rekapitulieren, habe ich in Figur 59 auf je einem Querschnitte der Hals- und der Lendenanschwellung das Vorgetragene nochmals bildlich dargestellt. Doch sei ausdrücklich erwähnt, daß nicht

alle hier eingeschriebenen Ursprungskerne im gleichen Querschnittniveau vorhanden sind. Es liegen ja z. B. die Zellen für die Oberarmnerven im 5.—7. Segmente, während die für die Handmuskulatur erst zwischen dem 6. und 8. Segment angetroffen werden.

Außer diesen direkt mit den Wurzeln zusammenhängenden Apparaten liegen im Rückenmarkgrau noch Zellen verschiedener Art. Die einen sind Ausgangspnnkte für neue Faserbahnen aus dem Marke zu höheren Zentren, Bahnzellen, die anderen, deren eine besonders große Menge vorhanden ist, bilden die Grundlage eines Apparates, der verschiedene Höhen des Grau untereinander verbindet. Assoziationszellen.

Zu den erstgenannten Zellen rechne ich die meisten Zellen in den Hinterhörnern und die Zellen der Clarkeschen Säule. Um beide Arten verästeln sich Hinterwurzelfasern, aus beiden ziehen die Achsenzylinder hirnwärts.

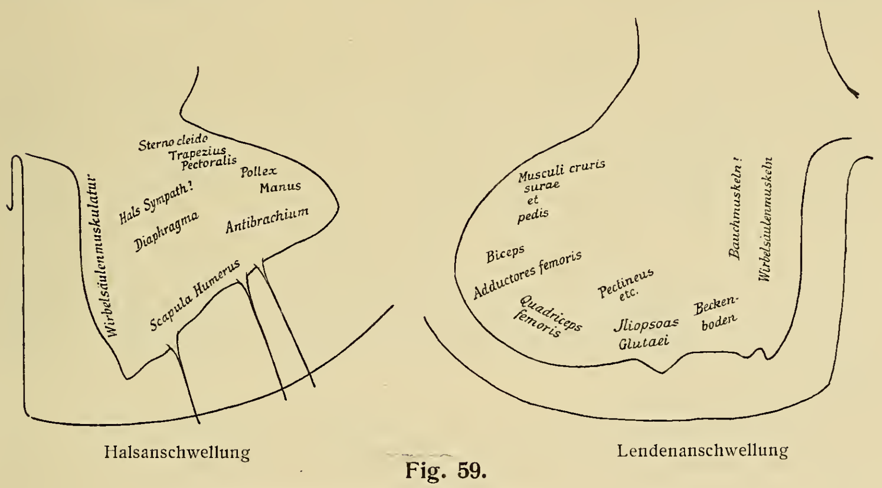


Fig. 59.

Schema der Kernlokalisation im Rückenmarke, z. T. nach Sano.

Die Gruppe der Columna vesicularis, von Stilling zuerst, dann von Clarke genauer studiert, meist Clarkesche Säule genannt (s. Fig. 49), liegt etwa da, wo Vorder- und Hinterhorn zusammenstoßen. Außer den Zellen enthält sie noch ein feines Fasergeflecht und Bündelchen außerordentlich feiner, in der Längsachse des Rückenmarkes verlaufender Nervenfasern.

Ihr rundlicher Querschnitt ist deutlich abgegrenzt nachweisbar nur etwa vom Ende der Halsanschwellung bis zum Anfange der Lendenanschwellung. Einzelnen Zellen von ähnlichem Aussehen wie die in der Säule enthaltenen begegnet man aber in ihrer Verlängerung bis in die Oblongata hinauf.

Schärfer noch als die Stilling-Clarkesche Säule hebt sich vom Grau des Hinterhornes die Substantia gelatinosa Rolandi ab.

Sie liegt an der Spitze des Hinterhornes und wird dort von zahlreich eintretenden Hinterwurzelfasern durchbrochen. Solange die Färbemethoden noch nicht genügend ausgebildet waren, blieb die Bedeutung dieser eigentümlich glasig durchscheinenden Substanz immer unklar. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, in ihr Zellen nachzuweisen, welche ähnliche Charaktere zeigen, wie die in den Hinterhörnern liegenden.

Was aus deren Achsenzylindern wird, schien besonders schwer, in einem Gebiete zu ermitteln, das ohnehin schon von unzähligen Achsenzylindern und Kollateralen solcher durchzogen wird. Neuerdings konnten S. Ramon y Cajal und besonders v. Lenhossék zeigen, daß die Achsenzylinder spindelförmiger Zellen (marginale Zellen der Fig. 58), welche die Peripherie der Rolandoschen Substanz umgeben, in den dorsalen Teil des Seitenstranges geraten, und daß die Achsenzylinder aus den mehr sternförmigen schmalen Zellen, welche in der Substanz selbst liegen, in den benachbarten Hinterstrang und in die sogenannte Randzone des Hinterhornes eintreten. Die letzteren Zellen besitzen nicht einen, sondern mehrere Ausläufer vom histologischen Charakter eines Achsenzylinders.

Im kaudalsten Abschnitte, dem Conus terminalis, entspringen sehr viel mehr sensible als motorische Wurzeln. Dementsprechend ist die graue Substanz dorsal enorm entwickelt, es sitzen ihr gleich kleinen Kappen die Vorderhörner auf. Zwischen diese zellarmen Teile und die Substantia gelatinosa der Hinterhörner schiebt sich eine mächtige Gruppe großer Ganglienzellen, die Intermediärzellen, I. Müller Durch die mächtigen Züge der Hinterwurzeln in die graue Substanz ist übrigens auch das ganze Querschnittsbild des Konus sehr verschieden von demjenigen des Rückenmarkes. Die hintere Kommissur z. B. ist zwischen den von rechts und links her einstrahlenden Fasermassen völlig verschwunden.

Über die ganze Breite des Querschnittes ausgebreitet liegen die Assoziationszellen, meist ziemlich große multipolare Zellen, die ihren Achsenzylinder hinaus in die Seiten- und Vorderstränge senden, wo er sich in einen auf- und absteigenden Ast teilt. Dieser kehrt nach kürzerem oder längerem Verlauf wieder in die graue Substanz zurück, verbindet also verschiedene Höhen derselben untereinander. Es gibt eine große Anzahl dieser Zellen, welche nicht in den gleichseitigen, sondern in den gekreuzten Strang ihre Fortsätze senden. (Fig. 55) „Strangzellen".

Die Fasern aus den Assoziationszellen, überhaupt alle Fasern, welche dem Grau entstammend irgendwie wieder dahin zurückkehren, bezeichnet man als endogene Fasern des Rückenmarkes. Sie sind in allen Strängen verbreitet. Diejenigen, welche nur kleine Abschnitte untereinander verknüpfen, liegen näher an der grauen Substanz als die langen Bahnen, welche, weit entfernte Segmente einend, hauptsächlich in der Peripherie der Seiten- und Vorderstränge verlaufen.

Namentlich in den Hintersträngen, die man ja durch Abschneiden der Dorsalwurzeln zur Entartung bringen kann, lassen sich diese Eigenfasern schön isoliert darstellen. Man erkennt an einem solchen künstlich faserarm gemachten Präparate, daß überall auf dem Querschnitte da und dort die natürlich erhalten gebliebenen Eigenfasern liegen, auch, daß sie in dem Winkel, welchen die Hinterhörner bilden, ein größeres Feld — Ventralfeld der Hinterstränge — bilden. Ebenso begleiten Eigenfasern die absteigenden Züge der Hinterwurzeln. Mit

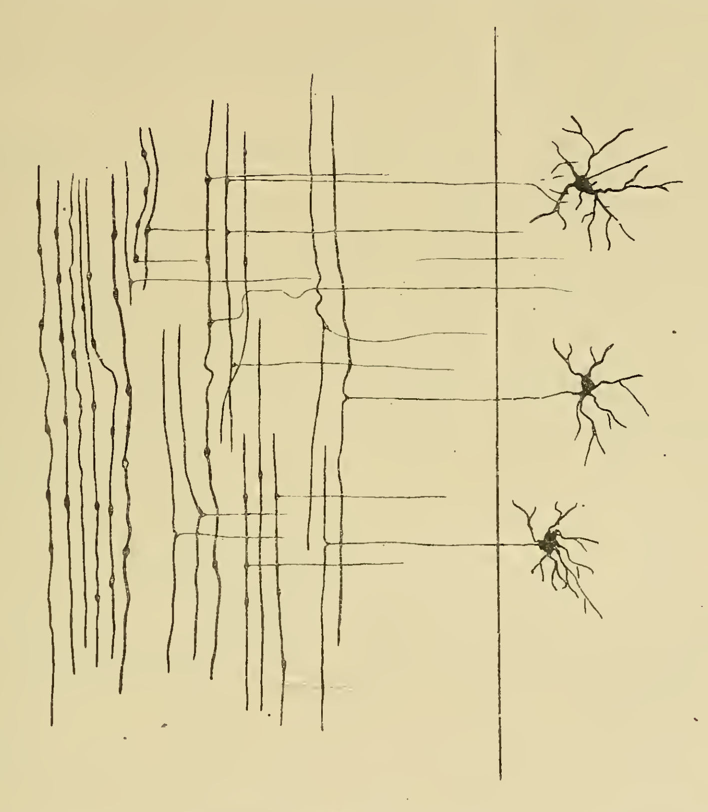


Fig. 60.

Längsschnitt durch den Seitenstrang vom neugeborenen Hunde. Die linke Hälfte der Zeichnung, nach einem Originalpräparat von Ramon y Cajal, zeigt Achsenzylinder, die Kollateralen in die graue Substanz senden, und Achsenzylinder, die, aus Zellen dort kommend, sich in einen auf- und einen absteigenden Ast teilen. Die Zellverbindungen rechts sind Schema.

ihnen zusammen bilden sie ein eigenartiges Querschnittfeld mitten unter den Hinterstrangfasern — „Schultzesches Komma".

Am frontalen Ende des Rückenmarkes, da, wo die Mechanismen liegen, welche der Assoziation der Atmungsmuskulatur dienen, nehmen die kürzeren und mittleren Assoziationsbahnen natürlich an Menge sehr zu. Es vergrößert sich deshalb das Feld im Winkel zwischen Vorder- und Hinterhörnern, wo derlei Bahnen lagern, sehr. Aus dem, was man

caudal Processus reticularis nennt, wird allmählich das Assoziationsfeld der Oblongata. Vergleichen Sie auf Fig. 50, Cervicalis. II mit Dorsalis II.

Das wäre das wichtigste, was wir sicher vom Eigenapparat wissen. Noch aber fehlt natürlich viel dazu, daß wir voll verstehen, welche Einrichtungen zu den mannigfachsten selbständigen Handlungen befähigen. Namentlich sind auch von den bereits bekannten Dingen einige noch recht unklar. Die Verbindungen der Zellen untereinander z. B. durch ihre Fibrillen, die Umteilung, welche die ein- und austretenden Fibrillen in den Zellen erfahren und vieles andere.

Immerhin kann man sich ein ungefähres Bild machen, wie der bekannte Apparat etwa wirken könnte.

Bekannte Versuche haben längst bewiesen, daß die Dorsalwurzeln im wesentlichen dem Rückenmarke Rezeptionen zuführen, daß die Ventralwurzeln die Bewegungsbahnen enthalten.

Diese Rezeptionen sind nicht einfache, sondern sehr mannigfacher Art und verschiedenen Wesens. Vor allem darf man sich nicht vorstellen, daß alles dasjenige, was in den sensiblen Wurzeln an Eindrücken dem Rückenmarke zugeführt wird, identisch ist mit dem, was wir gewöhnlich „Empfinden“ nennen. Damit ein Eindruck zum Bewußtsein komme, genügt es nicht, daß er dem Rückenmarke zugeleitet werde, es muß auch von der Stelle, wo die betreffende Bahn endet, eine Verbindung zur Hirnrinde führen. Nun aber ist gar kein Zweifel, daß solcher Verbindungen nur ganz wenige sind, daß, wenn man die Gesamtzahl der Hinterwurzelfasern etwa in Betracht zieht, die Zahl der zentralen Verbindungen dagegen verschwindend klein ist. Das allein schon ermöglicht den Schluß, daß wohl zahlreiche sensorische Eindrücke dem Rückenmarke zukommen, daß aber nur von einigen wenigen wir deutliche Kenntnis bekommen. Die Organe des Körpers sind alle, wie gerade wieder neuerdings die Silbermethode zeigt, von einer ungeahnt großen Fülle von Nerven durchzogen, und deren Anordnung und Verlauf, ihre Beziehungen zu Gefäßen und Drüsen, zu Muskelfasern und auch zu Knochen und Zahnbein macht es mehr als wahrscheinlich, daß hier ein mächtiger Apparat vorliegt, der wesentlich der Regulation von Eindrücken und der Sensomobilität (Exner) dient.

Der Einfluß der Dorsalwurzeln auf den Muskeltonus, auf die Bewegungsregulation und auf die Fähigkeit zur Muskelbewegung überhaupt kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Nicht nur hat sich längst gezeigt, daß bei weitgehendem Untergang von Dorsalwurzeln, wie er bei der Tabes statthat, die Ausführbarkeit korrekter Bewegungen und die Spannung aller Muskeln enorm leidet, es haben auch Versuche von Mott und Sherrington ergeben, daß ein Affe, dem man genügend viele Dorsalwurzeln aus der Armregion ausschneidet, keine aktiven Bewegungen mehr mit den Armen macht. Das wird nun fast immer vergessen, wenn die Ergebnisse von Durchschneidungsversuchen einzelner Stränge analysiert werden. So gut wie immer wurden bisher nur die allergröbsten Gefühlsqualitäten geprüft. Deshalb sind jetzt, wo wir die anatomischen Verhältnisse im Rückenmarke so viel besser kennen als früher, die Ergebnisse der bisher angestellten physiologischen Versuche nur mit besonderer Vorsicht zu verwerten; dagegen scheint mir, daß neue Untersuchungen an Menschen mit totalen oder partiellen Rückenmarkstrennungen sehr erwünscht wären, weil eben die Tiere nur auf die allergröbste Weise Eindrücken gegenüber reagieren werden, die ihnen nicht gerade Schmerz machen. Sicher

wissen wir bis heute nur, daß die Hinterstrangbahn nicht alle die Gefühle welche wir als taktile empfinden, leitet, und sehr wahrscheinlich ist, daß diese von dem in die graue Substanz eintretenden Abschnitte, welcher bald seine sekundäre Fortsetzung findet, weitergeleitet werden. Mit eben diesem Abschnitte müssen auch die zentralen Bahnen verlaufen, welche uns über Temperatur- und Druckempfindungen Auskunft geben.

In den Hintersträngen verlaufen vermutlich Bahnen, welche einerseits durch ihre Kleinhirnverbindungen, andererseits durch eine Großhirnverbindung mit den sogenannten motorischen Rindenzentren irgendwie auf die sensorische Regulierung der Bewegungen und den Muskeltonus Einfluß haben.

Irgendeinem Reize, der aus der Peripherie in das Rückenmark kommt, stehen eine große Menge von Verbreitungswegen offen. Es gibt zunächst eine Anzahl von Hinterwurzelfasern, welche direkt voran in das Vorderhorn ziehen und um dessen Zellen aufsplittern. Diese sind wohl geeignet, jene Zellen mit den Reizmomenten zu „laden", oder bei genügend hohen Reizen auch sofortige Entladung von motorischen Reflexen hervorzurufen. Durch vorgebildete und auf dem Wege der Einübung erworbene Bahnen stehen aber die motorischen Zellengruppen wieder unter sich in funktionell assoziierter Verbindung, und diese Verbindung ist wohl derart beschaffen, daß ein einzelner Reiz in der Lage ist, eine ganze Funktionsgruppe gleichzeitig zur Entladung zu bringen. So können Reflexe bestehen aus einzelnen Muskelbewegungen und auch aus scheinbar sehr komplizierten Aktionen.

Die anatomische Unterlage der Assoziationen bilden außer den Dendriten namentlich jene Strangzellen mit ihren Fortsätzen. Es hat gar keine Schwierigkeit, anzunehmen, daß ein Reiz, der in das Rückenmark gelangt, auf dem Wege durch jene Zellen sich über verschiedene Höhen ausbreitet und so motorische Muskelkerne der mannigfachsten Lage zu einer gemeinsamen Aktion zusammenfaßt. Exner u. a.

Neunte Vorlesung.

Der Leitungsapparat des Rückenmarkes. Der Gesamtaufbau.

Das Studium der Entwicklungsgeschichte, sowie die Folgen der Faserunterbrechung, auch die Untersuchung gewisser Krankheiten des Rückenmarkes haben gelehrt, daß die Vorder- und Seitenstränge nicht einheitliche gleichwertige Fasermassen sind, wie es wohl bei Betrachtung des Querschnittes eines gesunden Rückenmarkes vom Erwachsenen scheinen mag, daß sie sich vielmehr aus mehreren Abteilungen zusammensetzen. Diese Abteilungen entsprechen ebensoviel verschiedenartigen Leitungsbahnen zum Rückenmarke und aus demselben weg.

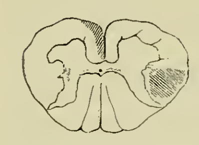
Das Rückenmark ist durch verschiedene mehrgliedrige Bahnen mit höheren Hirnteilen verbunden, aber es gibt auch eine Anzahl aus dem Gehirn ganz direkt und ununterbrochen zum Mark ziehender Züge. Bisher kennen wir: Verbindungen mit der Hirnrinde, mit der Regio hypothalamica, mit dem Mittelhirndache, mit dem Kleinhirn und mit einem dicht am Cerebellum liegenden, wahrscheinlich dem statischen Apparate des Vestibularis angehörigen Kerne. Außerdem gibt es am oberen Ende des Rückenmarkes noch einige aus der Oblongata in dasselbe ge-

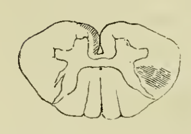
langende, aber nicht weit kaudal ziehende Bahnen. Zunächst interessieren uns nur die erstgenannten langen Züge.

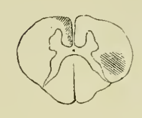
A. Züge aus Hirnteilen zum Rückenmarke.

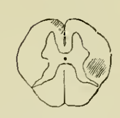
Vorn an der Medulla oblongata liegen zwei dicke Faserstränge nebeneinander, die Pyramiden. Sie stammen, wie später ausführlicher zu beschreiben ist, aus der Rinde der motorischen Region des Großhirnes und entarten immer, wenn entweder diese Rinde selbst oder die ihr entstammende Faserung irgendwie unterbrochen wird. Am vorderen Ende des Rückenmarkes sieht man diese Oblongatapyramiden kreuzen und ihre Fasern zum größten Teile in die Seitenstränge des Rückenmarkes eindringen (Rosenthal 1815). Es handelt sich also um einen

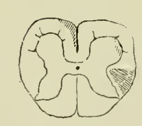














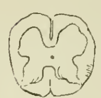


Fig. 61.
Sekundäre absteigende Degeneration nach einem Erkrankungsherd in der linken Großhirnhemisphäre. Nach Erb.

1. Tractus cortico-spinalis.

Da die Ursprungszellen in der Rinde liegen, so muß irgendeine Unterbrechung des Zuges im Rückenmark seine Fasern zum Schwunde bringen. So gelang es zuerst Türk durch Beobachtung der sekundären Degenerationen nachzuweisen, daß die in den Seitenstrang gelangenden Fasern, in dessen dorsalem Abschnitte ein eigenes Feld einnehmen. Vollständiger aber wurden wir erst durch Flechsig mit dem Tractus cortico-spinalis bekannt. Bei der Untersuchung des Ganges der Markscheidenentwicklung im Rückenmarke fand dieser ausgezeichnete Forscher, daß die Pyramiden und die ihnen entspringende Faserung noch zu einer Zeit marklos sind, wo ziemlich alle anderen Fasern des Rückenmarkes bereits ihr Markweiß besitzen. An einer größeren Anzahl von Föten kurz vor der Geburt und von Neugeborenen konnte er erkennen, daß aus der Pyramide nicht nur ein zum Hinterseitenstrang kreuzendes Bündel entspringt, sondern daß auch einige Fasern ungekreuzt längs des Medialrandes der Vorderstränge in das Rückenmark herabziehen. Er teilte deshalb den Tractus cortico-spinalis in eine Pyramidenvorderstrang- und eine Pyramidenseitenstrangbahn. (Fig. 61 u. 62).

Seit den Arbeiten von Türk und Flechsig ist der Faserzug hunderte Mal untersucht worden. Man hat seine Entwicklung, seine Degenerationen näher kennen gelernt, man hat durch Charcot und Erb erfahren, daß es Erkrankungen gibt, welche sich auf ihn allein beschränken, aber etwas Wesentliches ist den ersten Formbeschreibungen nicht mehr zugefügt

worden. Der Zug kann im Rückenmarke bis in das untere Lendenmark verfolgt werden. Doch wird er immer kleiner je weiter rückwärts er gelangt. Er erschöpft sich in der grauen Substanz der Vorder- und Seitenhörner.

Die Pyramidenbahn endet im Eigenapparat, nahe den Ursprungszellen der motorischen Wurzeln.

Es ist nicht schwer, zu sehen, daß aus dem Areale der Pyramiden-Vorderstrangbahn zahlreiche Fäserchen, die Commissura anterior überschreitend, in das gekreuzte Vorderhorn eintreten. Die meisten dieser Fasern sind Kollateralfasern aus den längsverlaufenden Nervenfasern der Pyramidenbahn. Sie lösen sich im Vorderhorne in feine Pinselchen auf, und diese Pinsel umspinnen die Ganglienzellen. Erst in der letzten Zeit ist es gelungen, auch die Ver-

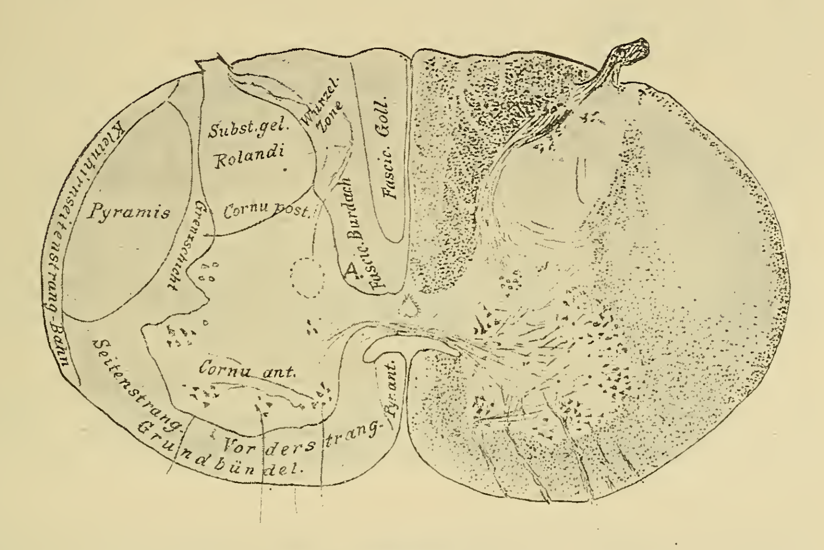


Fig. 62.
Querschnitt durch das Halsmark eines Neugeborenen. Die Pyramidenbahnen ohne markhaltige Fasern durchscheinend hell.

bindung mit der Pyramiden-Seitenstrangbahn sicher zu sehen. Wieder handelt es sich in der Hauptsache um Kollateralen, die sich von jener Bahn lösen nnd in das Vorderhorn ihrer Seite direkt eintreten, wo sie sich zu feinen Fasern aufsplittern.

Am reifen menschlichen Rückenmarke lassen sich diese Verhältnisse nicht erkennen. Man muß embryonale Marke, wo die Pyramiden noch marklos sind, nehmen, sie nach der schnellen Methode Golgis mit Silber behandeln und dann Längsschnitte und Schrägschnitte anfertigen. Auf solchen gelingt es dann oft, die von Pyramidenbahnen im rechten Winkel abgehenden Kollaterale zu sehen und in die graue Substanz zu verfolgen. Diese Züge müssen später markhaltig sein; denn in Fällen von Degeneration der Pyramidenbahn findet man immer das gleichseitige Vorderhorn ärmer als normal an markhaltigen Fasern (Fürstner). Die gleichen Züge treten sehr gut hervor, wenn es gelingt, sie während ihrer Degeneration mit Osmium zu schwärzen. (Fig. 68, Schnitt 5.)

Das Areal, welches die beiden Anteile des Tractus cortico-spinalis einnehmen, ist nicht immer das gleiche. Manchmal ist fast der ganze Zug gekreuzt, manchmal auch ist der ungekreuzte Zug am medialen Vorderstrangrande besonders stark. Die Kreuzung variiert und in ganz seltenen Fällen scheint sie ganz zu fehlen. Ziemlich regelmäßig entdeckt man bei der Untersuchung der Folgen alter Gehirnherde, dass auch in dem Seitenstrange, dessen Pyramide normal sein müßte, wenn unsere Darstellung richtig ist, ein guter Teil der Fasern entartet ist. Daraus ist zu schließen, daß auch zum Seitenstrange ungekreuzte Bündel treten. Es sind ihrer aber immer nur wenige. Jedenfalls *steht der motorische Eigenapparat des Rückenmarkes unter dem Einflusse beider Gehirnhälften, wenn auch die zu ihm gekreuzte vorwiegt.*

Da, wie Sie wissen, die Markumhüllung eines Systemes sehr wesentlich von dessen Ingebrauchnahme abhängig ist, so dürfen wir vermuten, daß die Impulse, welche die Rinde dem Rückenmarke durch die Pyramidenbahn zuleitet, solche sind, die erst im nachembryonalen Leben allmählich in Betracht kommen. Nun lehrt die Erfahrung am Krankenbette, daß mit dem Untergange des Tractus cortico-spinalis im wesentlichen alle erlernten feineren Bewegungen erheblich gestört werden. Ein Mensch, dem diese Bahn fehlt, ist nicht lahm, er kann aber nur ungeschickt gehen und die Hände kaum noch zu irgend feineren Bewegungen benutzen.

Der Tractus cortico-spinalis ist die Faserbahn, durch welche der ganze ungeheure Apparat des Großhirns direkt auf den Eigenapparat der Motilität im Rückenmarke einwirken kann.

Bei Tieren ist die Pyramidenbahn entsprechend der geringeren Ausdehnung der Großhirnrinde immer dünner als beim Menschen. Auch bei diesem enthält sie wahrscheinlich nur Fasern, für diejenigen Muskeln, welche vorwiegend unter Inanspruchnahme der Rinde — also überlegt und eingeübt — gebraucht werden. Jedenfalls nimmt sie nach Abgabe des für die Innervation der oberen Extremitäten bestimmten Teiles erheblich ab, bleibt im Brustmarke wesentlich gleichstark und verliert nach Abgabe der Fasern für die Unterextremitäten so an Volum, daß sie im unteren Lendenmarke so gut wie verschwunden ist. Untersuchungen dieser Bahn an Tieren, die sich vorwiegend der Hände bedienen — Affen, Grabtiere — und an solchen, die wesentlich mit den Hinterextremitäten arbeiten — Beutler etwa — wären erwünscht. Sie müßten sich aber auf entwicklungsgeschichtliche oder degenerative Fakta stützen, denn nur solche gestatten ein reines Ausscheiden des Tractus cortico-spinalis. Ein echter Tractus cortico-spinalis ist nur durch Degenerationsversuche zu erkennen. Diese fehlen noch für die allermeisten Säuger. Deshalb kann man nicht a priori behaupten, daß die fast immer an der Oblongata sichtbaren Ventralstränge echte Pyramiden sind. Bei einigen Tieren (Ratte, Maus, Igel, Eichhorn, Känguruh, Schaf, Hamster) liegt der Tractus cortico-spinalis im Hinterstrang, nicht im Seitenstrang. Es ist mir bei den meisten dieser Tiere gelungen die Fasern durch Gehirnverletzung zur Entartung zu bringen.

In dem Areale der Seitenstränge, welches die Tractus cortio-spinales einnehmen, verlaufen noch eine Anzahl andersartiger Fasern, namentlich solche aus dem Zwischenhirn und dann solche, welche, den Assoziationsbündeln angehörend, verschiedene Höhen desselben untereinander verknüpfen. Gerade die längsten Fasern dieser Kategorie liegen in dieser Gegend. So kommt es, daß bei Unterbrechung des Seitenstranges im Rückenmarke ein größeres Areal absteigend degeneriert, als dem Pyramidenfelde in der Oblongata entspricht. Aus diesem Umstande ist der viel verbreitete Irrtum entsprungen, daß die Pyramide noch Fasern aus dem Rückenmarke selbst empfange.

Leicht können Sie die Pyramidenbahnen an einem Rückenmarke studieren. das irgendwie eine Quertrennung erfahren hat. Dann entarten sie natürlich abwärts von der Unterbrechungsstelle. Gleichzeitig werden natürlich immer die Hinterstränge degenerieren, diese aber, weil sie die Fortsetzung der Fasern aus den Spinalganglien sind, natürlich aufwärts vom Herde.

Der Eigenapparat des Rückenmarkes wird ferner erreicht von Fasern, die aus der Gegend dicht caudal vom Thalamus kommen, einem Ge-

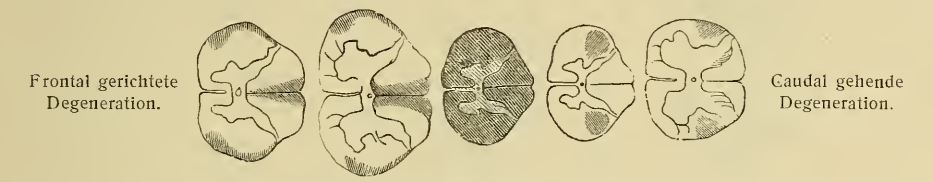


Fig. 63.
Sekundäre auf- und absteigende Degeneration bei einer Querschnittaffektion im oberen Brustmarke. Nach Strümpell.

biete, das mit den Thalamuskernen in inniger Verbindung steht. Dort liegt ein runder großer Kern, der rote Kern der Haube. Er ist vorwiegend Endstätte von Fasern aus dem Kleinhirn, auch von einem feinen Zug aus dem Großhirne und entsendet aus seinen Zellen lange Achsenzylinder, die zunächst kreuzen, dann aber kaudalwärts ziehen, um schließlich in das Rückenmark zu gelangen. Dort findet man das Areal dieses

2. Tractus rubro-spinalis Fig. 64 wenig ventral vom Pyramidenseitenstranggebiet und innerhalb desselben. Der von Monakow zuerst gesehene Zug ist später namentlich durch Held, Kohnstamm genauer studiert worden, die mittelst Zellfärbungen und Degenerationsversuchen seinen genaueren Ursprung festgestellt haben. Durch Untersuchungen von Probst, von Collier und F. Buzzard usw. ist der ganze Verlauf von Anfang bis zu Ende geklärt worden. S. auch Fig. 148.

3. Die Fasern aus dem Mittelhirne stammen aus dessen Dache, dem Tectum opticum. Ihrer sind nur sehr wenige.

Bei den niederen Vertebraten, besonders bei den Knochenfischen, aber auch bei den Vögeln, bilden sie ein sehr mächtiges System. Dort

habe ich sie genauer studiert und gefunden, daß sie in gekreuzten und ungekreuzten Bündeln rückwärts ziehen. Später haben namentlich Held, dann Münzer und Wiener, Boyce u. a. sie bei den Säugern studiert. Man weiß jetzt, daß auch hier ein Tractus tecto-spinalis Fig. 55 existiert, dessen gekreuzter Anteil im Vorderstrang, nahe der Mittellinie und am ventralen Rande zu suchen ist, dessen ungekreuzte Bündel etwas lateral im Seitenstrange liegen. Fig. 169.



Fig. 64.

Nach Collier und Buzzard. Verlauf des Tractus rubro-spinalis. Derselbe ist doppelseitig durch einen Stich in die Gegend des roten Haubenkernes — Affe — zur Entartung gebracht.

4. Dicht medial vom kaudalen Kleinhirnabschnitte entspringt aus einem Kerne — Deiterscher Kern — welcher dem Vestibularissystem angehört, der Tractus vestibulo-spinalis zum Vorderstrangareal des Rückenmarkes. Er ist zuerst von Monakow entdeckt, aber erst von Bruce und Probst näher studiert worden. Seine Fasern liegen mitten zwischen den Zügen der gekreuzten tecto-spinalen Bahn, gemischt noch mit langen Assoziationsbahnen, besonders solchen zur Oblongata.

Alle diese Züge degenerieren, wenn sie unterbrochen werden, in das Lumbalmark hinein. Wir wissen noch nicht wo sie im Grau des Rückenmarkes enden, doch darf man annehmen, daß sie irgendwie zu den Vordersäulen in Beziehung treten. Ihr Verlauf aus höher gelegenen Zentren abwärts zum Rückenmarke spricht durchaus dafür, daß sie dem motorischen Apparate angehören. Abbildungen der einzelnen Ursprungsgebiete werde ich später vorlegen, wenn wir die ganzen Bahnen besser übersehen. Das Areal des Zuges s. Fig. 70.

Soviel wissen wir über die Bahnen zu dem Eigenapparate des Rückenmarkes.

Betrachten wir jetzt die

B. Bahnen aus dem Rückenmarke zu frontaleren Zentren.

Hier handelt es sich wohl durchweg um sensible Bahnen höherer Ordnung, Züge, welche aus den Zellterritorien stammen, wo die rezeptorischen Wurzeln enden. Alle diese Bahnen liegen in der Peripherie der Seiten-

stränge, mehr oder weniger in die Stränge selbst hineinragend. Sie ziehen zum Thalamus, zum Mittelhirne und zum Kleinhirn.

Wir haben die Verfolgung eines Teils der sensiblen Bahn aus den Dorsalwurzeln da aufgeben müssen, wo ihre Züge in die graue Substanz eintraten. Dort verzweigen sich die dickeren Fasern um die Zellen der Clarkeschen Säule, die dünneren lösen sich in dem Netze auf, welches die kleineren Zellen des Hinterhornes und dessen Nachbarschaft umspinnt. Von beiden Gangliengruppen gehen neue Bahnen aus, welche die sensiblen Eindrücke dem Kleinhirn und dem Zwischenhirn zuleiten. Wahrscheinlich existiert ausserdem noch eine zum Mittelhirn aufsteigende sekundäre Bahn.

5. Tractus spino-cerebellaris dorsalis. Kleinhirnseitenstrangbahn. Fig. 55, 65, 151.

Aus den Zellen der Clarkeschen Säule entstammen kräftige Achsenzylinder, die lateral ziehen. Am Rande des Rückenmarkes angekommen,

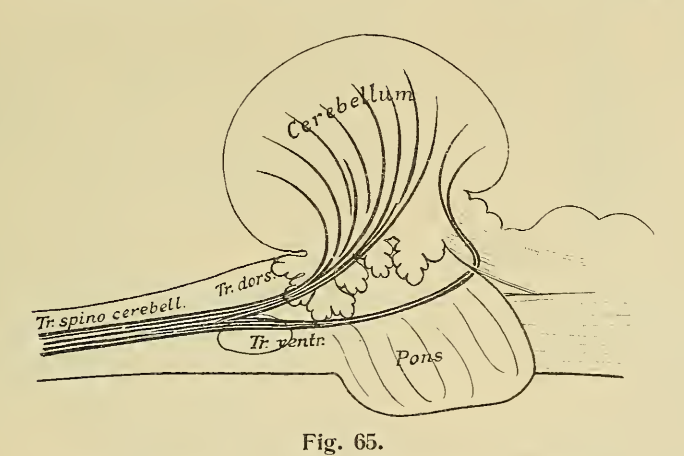


Fig. 65.
Die beiden Tractus spino-cerebellares in ihrem ganzen Verlaufe hirnwärts.

wenden sie sich hirnwärts und ziehen durch die unteren Kleinhirnarme in den Wurm des Cerebellum. Irgendeine Unterbrechung des Rückenmarkes trennt natürlich eine Menge dieser Fasern von ihren Ursprungszellen. Deshalb entartet dann immer die Randschicht. Auf Fig. 63 ist das sichtbar. Die als dorsale Kleinhirnseitenstrangbahn bezeichnete Faserung erstreckt sich am Rande des Seitenstranges von der Spitze des Hinterhornes bis zu den lateralsten Vorderwurzeln. Doch sind ihr in dieser letzteren Gegend bereits andere Bahnen beigemischt.

Es ist wesentlich Verdienst der entwicklungsgeschichtlichen Forschung (Flechsig), daß wir diese Kleinhirnseitenstrangbahn kennen und vom übrigen Seitenstrange abgrenzen lernten. In den ersten Lebenswochen, wo die Pyramidenbahn noch marklos ist, umgibt die Kleinhirnbahn als zarter weißer Saum einen großen Teil der Seitenstrangperipherie (Fig. 62).

Diese Fasern sind wahrscheinlich von Wichtigkeit für die Koordination unserer Bewegungen. Denn nicht nur sieht man nach Kleinhirnleiden Gang und Haltung oft unkoordiniert werden, auch bei der Tabes dorsalis, wo die hochgradigste Ataxie vorkommt, sind gerade die Fasern der Hinterstränge und die Columna vesicularis Clarke degeneriert, ist also ein Teil der Bahnen zum Kleinhirne unterbrochen. Hohe Rückenmarksdurchschneidung bringt die Säule, Löwenthal, zur absteigenden Degeneration. Auch nach solcher Degeneration kann durch tiefere Trennung der Tractus spino-cerebellaris zur Entartung gebracht werden, Sherrington. So liegt der Schluß nahe, daß die Zellen der Clarkeschen Säule durch eine hohe Rückenmarkdurchschneidung retrograd affiziert, aber nicht zerstört werden.

Es gibt noch eine zweite Verbindung des dorsalen Grau mit dem Kleinhirne, den

6. Tractus spino-cerebellaris ventralis. Gowerssches Bündel. Fig. 55, 65. Der Ursprungsort ist noch nicht bekannt.

Die Fasern verlassen zu gutem Teile die Commissura anterior, durchmessen aufsteigend den ventralen Seitenstrang und legen sich dann dicht vor dem vorhin genannten Bündel an dessen ventrales Ende. Der Faserzug durchmißt die ganze Rückenmarklänge, das verlängerte Mark und zieht erst frontal von der Brücke mit den vorderen Kleinhirnschenkeln in den Wurm des Cerebellum. Auf Fig. 63 ist er ebenfalls degeneriert. Es ist die Verdickung, welche degeneriert in den Seitenstrang hineinragt.

7. Tractus spino-thalamicus.

Sie haben erfahren, daß ein guter Anteil der sensiblen Wurzelfasern um Zellen des Hinterhornes aufsplittert, daß also ein Teil der sensiblen Bahn nicht weit von ihrem Eintritt in das Rückenmark bereits endet.

Daß die Wurzelfasern sich wirklich um Zellen der Hinterhörner verästeln, wie nach den Degenerationsversuchen längst vermutet war, hat erst S. Ramon y Cajal bewiesen. Es gelang ihm die Silberimprägnation der verschiedenen Teile und schließlich auch deren vitale Färbung mit Methylenblau. In Figur 66 lege ich zwei derartige Präparate kombiniert vor.

Wie gelangen die Eindrücke, welche hier zugeführt werden, nach frontaleren Zentren? Dieses Bahnstück, die sekundäre sensible Bahn besteht offenbar nur aus wenigen und zerstreuten Fäserchen, denn wie immer das Rückenmark unterbrochen wird, niemals bekam man bei den früheren Methoden, welche nur kompakte Stränge als entartet erkennen ließen, irgendeine aufsteigende Degeneration, die man für die sekundäre sensible Bahn in Anspruch nehmen durfte. 1889 ist mir endlich an Amphibien und dann auch an neugeborenen Katzen der Nachweis der sekundären sensiblen Bahn geglückt. Es zeigte sich hier das folgende: Aus den Ganglienzellen, um welche sich die eintretende Wurzelfaser verästelt, entspringt eine sekun-

däre Bahn. Ihr Achsenzylinder wendet sich nämlich ventral und medial, erreicht die vordere Kommissur und überschreitet sie. Dann tritt er in den Vorderstrang oder in den Seitenstrang ein, wo er zentralwärts weiterzieht. Die einfache anatomische Untersuchung an niederen Vertebraten

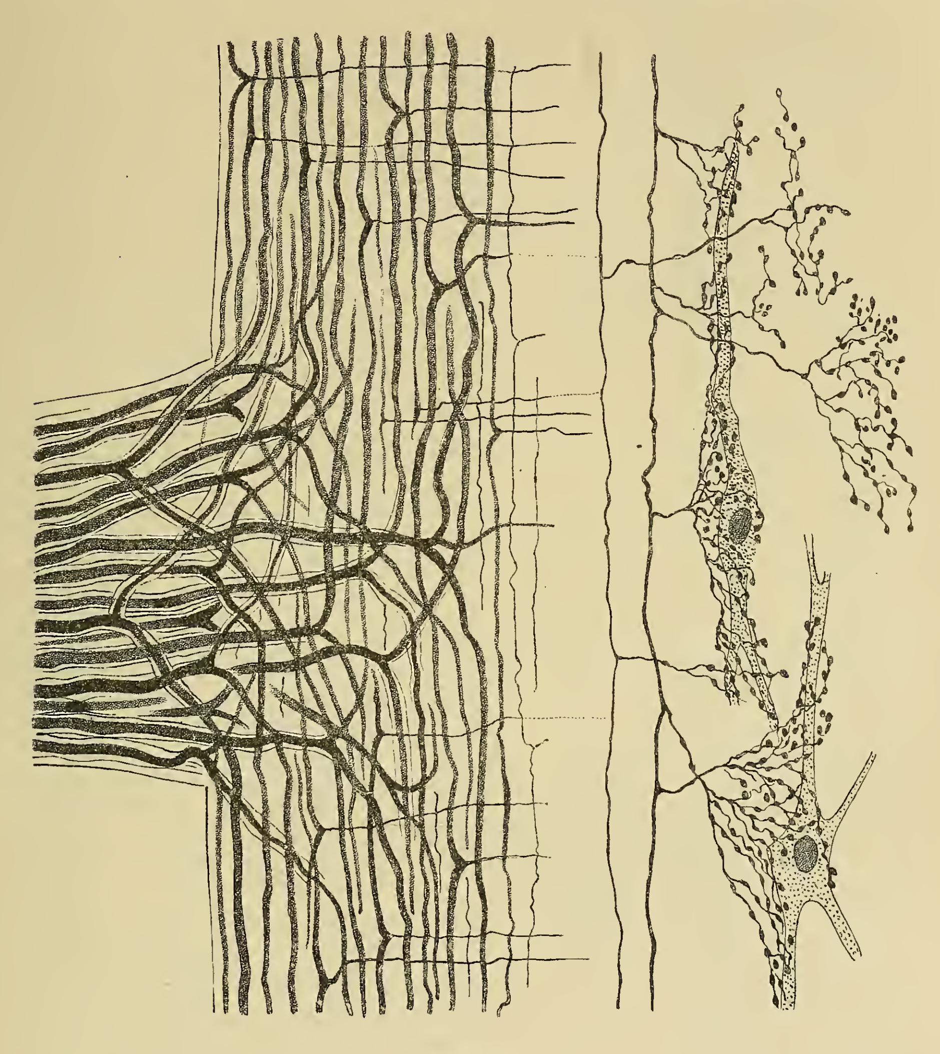


Fig. 66.

Nach S. Ramon y Cajal kombiniert. Die Ursprungszellen des Tractus spino-thalamicus. Links tritt die Dorsalwurzel in das Rückenmark und teilt sich in auf- und absteigende Wurzeläste, aus diesen treten Achsenzylinder zu Zellen der Hinterhörner und verzweigen sich um diese Zellen.

und an Embryonen von höheren ließ das erkennen. Sie gestattete aber nicht mit aller Sicherheit den Endpunkt zu eruieren. Soweit die Fasern verfolgbar waren, endeten sie im Thalamus. Die Vermutung, daß hier eine Verbindung von Rückenmark und Zwischenhirn vorliege, hat sich

später, als man bessere Methoden anwenden konnte, bestätigt. Denn es ist nun öfter gelungen, die ganze Bahn aus dem Rückenmarke bis in den ventralen Thalamus zur Entartung zu bringen.

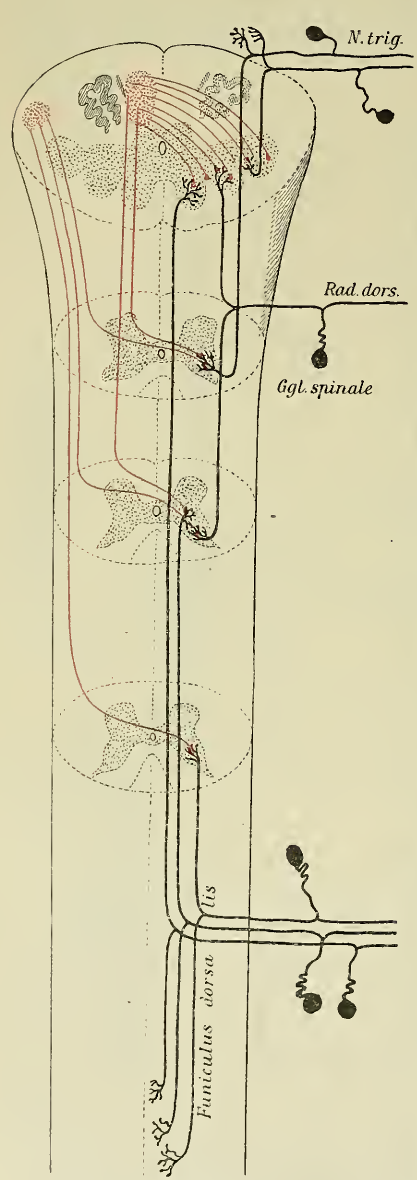


Fig. 67.
Verlauf der primären (schwarz) und der sekundären (rot) sensiblen Bahn. Die schwarzen Linien nach S. Ramon y Cajal.

Boyce hat sie zuerst am Hunde degenerieren lassen, später ist man ihr öfter begegnet und schließlich haben Horsley und Thiele das Bündel auch beim Menschen mit quergetrenntem Rückenmark entartet bis in den ventralen Thalamus verfolgen können. Immer handelte es sich hier um Züge, die sich aus der vorderen Kommissur entwickelten, an die Rückenmarkperipherie aufsteigend (Kohnstamm hat dies gezeigt) herantreten und dann medial von dem Tractus spino-cerebellaris ventr. hinwärts ziehen. Sie bleiben ihm durch die ganze Oblongata und Brücke angelagert und trennen sich erst dicht am Mittelhirndache, wo ja die ersterwähnte Bahn in das Kleinhirn eintritt. Dann ziehen sie direkt frontal in den Thalamus, unterwegs noch sich von den ebenso verlaufenden Tractus spinotectales trennend. Wahrscheinlich gibt es — mindestens bei einigen Säugern — noch einen weiteren Anteil dieser Bahn, der namentlich im Halsmarke entspringend, in die gekreuzten Vorderstränge eintritt und hier direkt zur Schleifenschicht der Oblongata emporzieht. Wenigstens haben Wallenberg für Kaninchen, Probst für Katzen und Rothmann für den Hund nachgewiesen, daß bei Durchschneidung der Vorderstränge eine solche Bahn entartet. S. Fig. 189.

Als wichtigstes Ergebnis wollen Sie behalten: Die aus den primären Endpunkten der Gefühlsbahn entspringenden Fasern kreuzen in die Vorder- und Seitenstränge und ziehen in diesen aufwärts zum Thalamus.

Mit diesem Verhalten der Bahnen stimmen die Erfahrungen ausgezeichnet überein, welche das Experiment und die Beobachtung am Krankenbette liefern. Wenn nämlich ein Rückenmark halbseitig durchschnitten wird, dann geht unterhalb der Durchschneidungsstelle ein großer Teil der Gefühlsqualitäten verloren, und zwar nicht auf der gleichen Seite, sondern auf der gekreuzten. Diese Erfahrung war bisher

nicht mit dem zu vereinen, was wir über die ungekreuzte Fortsetzung der hinteren Wurzelfasern in den Hintersträngen wußten. Sie wird aber sofort leicht verständlich, wenn wir jetzt erfahren, daß ein ansehnlicher Teil jeder Wurzel bald nach seinem Eintritte sich durch eine Bahn zweiter Ordnung auf die andere Seite begibt.

Wir haben also jetzt zweierlei Fortsetzungen der Hinterwurzelfasern kennen gelernt, eine direkte in den Hintersträngen und eine indirekte, welche erst durch Anschluß an eine sekundäre kreuzende Bahn hirnwärts gelangt. Sie werden später sehen, daß auch die ungekreuzten Fasern oben in der Oblongata durch einen Kern hindurchgehen und sich dann ebenfalls kreuzen, daß also die ganze sensible Bahn kreuzt.

Die anatomischen Verhältnisse, welche durch den Eintritt der hinteren Wurzel in das Rückenmark bedingt werden, sind also, wie Sie sehen, sehr viel kompliziertere als die, welche durch die Vorderwurzel geschaffen werden. Zudem sind sie uns auch erst zum Teil bekannt. Wahrscheinlich existieren noch andere, bisher nicht gekannte Faserkategorien.

Als Leitsatz wollen Sie festhalten: Die motorischen Ursprungkerne stehen mit dem Großhirne und dem Thalamus, außerdem wahrscheinlich auch mit dem Kleinhirn in Verbindung. Sie empfangen von da her Reize. Die sensiblen Endkerne in der grauen Substanz entsenden Bahnen zum Thalamus, zum Mittelhirn und zum Kleinhirn. Alle diese kreuzen zur anderen Seite. Der Teil der sensiblen Wurzeln, welcher im Rückenmarke aufwärts zieht, erreicht erst in der Oblongata seinen Endkern. Auch diesem entstammen dann kreuzende Fasern zum Thalamus.

Wiederholt habe ich, m. H., darauf hingewiesen, daß die Degeneration, welche in einem Fasersysteme eintritt, wenn es von seinen Ursprungzellen getrennt wird, es ermöglicht, dieses System von den übrigen Rückenmarksfasern isoliert zu studieren. Einzelne degenerierte Rückenmarksschnitte wurden ja bereits vorgelegt. Ich will jetzt, zum Schlusse dieser Beschreibung der Rückenmarkfaserung, einige Schnitte demonstrieren, die einem Marke entstammen, dessen vollständige Quertrennung zu sehr ausgebreiteten Entartungen geführt hat. Wenn eine totale Abtrennung aller Systeme von ihrem Ursprung stattgefunden hat, entarten alle bis auf die kurzen Bahnen, welche über oder unter der Trennungsstelle entspringen und enden. Die längeren Assoziationszüge in den lateralen Seitensträngen leiden natürlich auch. Benutzen wir diese Demonstrationen zu einer Gesamtrekapitulation der Faserung.

Die Kompressionsstelle liegt in der Gegend des 7. Dorsalwirbels. Hier ist die Entartung, wie sie durch die osmiumgeschwärzten Punkte sich verrät, ungleichmäßig fleckig. Rückwärts, nach dem Lumbalmarke zu, zerfallen dann die Pyramiden in ihren Vorder- und Seitenstrangbahnen, weil diese Tractus cortico-spinales von der Rinde abgetrennt

sind. Dicht ventral von den Pyramiden, aber hier nicht deutlich abgeschieden, sind die Tractus rubro-spinales entartet. Am Rande der vorderen Inzisur treffen wir auf die vom Cerebellum kommenden Züge des Tractus vestibulo-spinalis. Hirnwärts von der Unterbrechungsstelle entarten zunächst die direkten Fasern aus den Spinalganglien, also der größte Teil der Hinterstränge und dann die sekundären Züge aus den primären Endstätten von Dorsalwurzeln. Das sind die ventrale und dorsale Bahn zum Kleinhirn am Rande der Seitenstränge und ihr dicht

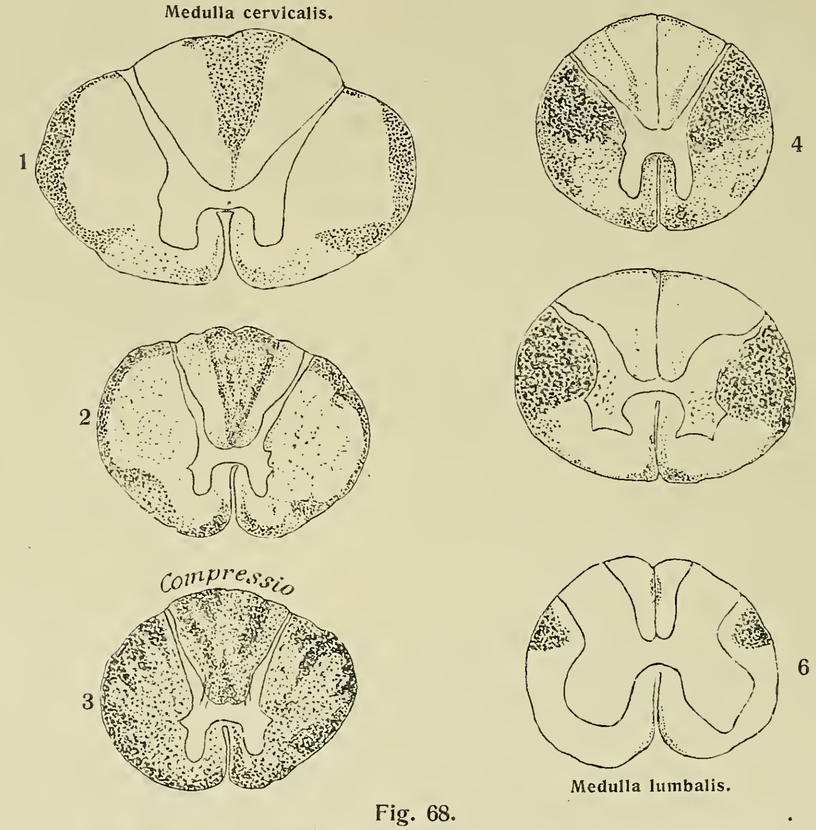


Fig. 68.

Kompression des Rückenmarkes in der Höhe des 7. Dorsalnerven. Aufsteigende Degeneration links, absteigende an den Schnitten rechts. Die Zerfallprodukte durch Überosmiumsäure (Marchimethode) geschwärzt. Nach Hoche.

angelagert, nur durch zerstreute Punkte kenntlich, der Tractus spinothalamicus.

Auf den nächsten Schnitten, dicht vor und dicht hinter der Unterbrechungsstelle, sind natürlich eine Menge Assoziationsbahnen entartet, weiter weg von ihr sind nur noch die ganz langen hierher gehörigen Züge nahe der Rückenmarkperipherie untergegangen. Es gibt noch ein System von im Rückenmarke entspringenden und da endenden Fasern, dessen bisher nicht gedacht wurde. Hier, wo wir ihm dege-

neriert begegnen, sei es beschrieben. Oben im Halsmarke treten mitten in den Hintersträngen zerstreute Fasern auf, die sich bald an der hinteren Zirkumferenz des Rückenmarkes zu feinem Belage sammeln (Fig. 68, 4 u. 5). Im Sakralmark rückt dieses von Flechsig zuerst beschriebene Bündel in die mediane Inzisur, zu deren beiden Seiten ein halbes Oval bildend. Dieses „ovale Feld der Hinterstränge" verschwindet dann im Grau des Conus terminalis. So ist das Ende des langen Zuges wohl bekannt, nicht aber sein Anfang, da der Tractus bisher nur in die Höhe des Cervikalmarkes verfolgt ist. Vorläufig wird es zweckmäßig sein, den langen Zug sehr dicker Fasern als Tractus cervicolumbalis dorsalis zu bezeichnen. J. Müller, welcher im Konus diese Fasern zu den großen von ihm beschriebenen „Intermediärzellen" treten sah, hält es für wahrscheinlich, daß der ganze Strang oder ein Teil desselben die Fasern für die Innervation von Blase und Mastdarm enthalte. Die klinischen Erfahrungen sprechen für diese Auffassung.

In den Hintersträngen, direkt lateral von den Gollschen Strängen, ziehen eine längere Strecke hinab die absteigenden Bündel derjenigen Wurzelfasern dahin, welche gerade von der Kompression getroffen worden sind. Ihre auf dem Schnitte kommaförmige Figur — Schultzesches Komma — liegt natürlich etwas verschieden, je nach der Wurzel, die gerade unterbrochen ist. Die Bahn, innerhalb welcher auch endogene Fasern verlaufen, konnte, ehe sie in das Grau eintauchend verschwindet, von Hoche bis über 8 Wurzellängen verfolgt werden. Eine ähnliche Scheidung, wie sie hier durch die Entartung bedingt wird, würden wir kennen lernen, wenn wir, Flechsigs Arbeiten folgend, verschieden alte Föten auf ihr Rückenmarkweiß untersuchten. An dem Schnitte, den ich in Fig. 62 vorlegte, sehen Sie, wie dadurch, daß die einzelnen Faserqualitäten zu verschiedenen Zeiten markweiß werden, der Tractus cortico-spinalis, der Tractus cerebello-spinalis, die Wurzeleintrittszonen und manches andere deutlich hervortritt.

Schlußübersicht.

Nun, meine Herren, nachdem Sie mit mir den langen Weg gewandert sind, der alle die Einzelbestandteile des Rückenmarkes vorführte, wird der Wunsch bestehen, noch einmal einen Blick auf das Ganze zu werfen. Lassen Sie uns also am Schlusse dieser Vorlesung über das Rückenmark einmal einen idealen Querschnitt betrachten, in den alle Einzelstränge, welche wir heute einigermaßen sicher kennen, eingezeichnet sind.

1. Die graue Substanz in der Mitte mit dem Querschnitt der Dorsal- und der Ventralsäulen enthält im wesentlichen den Eigenapparat des Rückenmarkes. In ihr und in den Fasern, welche ihre Anteile verbinden — endogene Fasern — ist die Unterlage für die mannigfachen Tätigkeiten gegeben, die vom Rückenmarke allein resortieren, hier liegen die motorischen Nervenkerne, aus denen die ventralen Wurzeln

entspringen, hier liegen die Endstätten für einen Teil der aus den Spinalganglien eintretenden sensiblen Bahnen.

2. Zu dem Eigenapparat der motorischen Fasern treten Züge aus der Rinde, die in den Seitensträngen verlaufen, in Beziehung. Ebensolche aus dem Thalamus und dem Vestibularisgebiete gelangen dahin, aber da deren genaue Endigung noch unbekannt ist, sind sie in dem Schema weggelassen.

3. Die Dorsalwurzeln zerfallen in verschiedenartig verlaufende Bündel. Ein Teil, 1 der Fig. 69 zieht in den Hintersträngen hirnwärts. Mächtige Züge, 2, treten im Bogen durch den Hinterstrang, um dicht

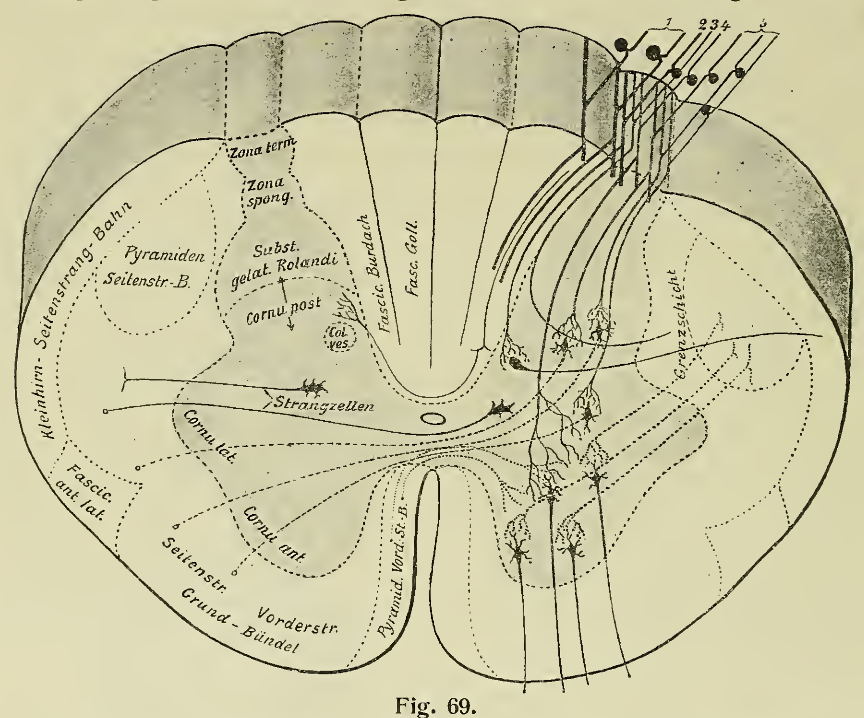


Fig. 69.

Schema eines Rückenmarksschnittes, in dem der zentrale Verlauf einiger Wurzelfasern eingezeichnet ist. Bahnen erster Ordnung ausgezogen, zweiter Ordnung punktiert.

an den Zellen der Clarkeschen Säule zu enden. Aus diesen Zellen entspringt der Tractus spino-cerebellaris ventralis zum Kleinhirnwurme. Die auf der Figur mit 3 bezeicneten Fasern zur Grenzschicht der grauen Substanz des Hinterhornes sind im weiteren Verlaufe nicht bekannt. Ein Teil der Wurzel, 4, gelangt dicht bis an die Vorderhornzellen, um in deren Verzweigungsbereich zu enden. Schließlich ist noch die wichtige Gruppe 5 der Fasern zu erwähnen, welche um die kleinen und größeren Zellen der dorsalen und medialen grauen Substanz aufzweigend dort ihr erstes Ende finden. Aus den Zellen stammt der Tractus spino-thalamicus. Sie geben nämlich Fortsätze ab, welche die vordere Kommissur durchziehend in die Vorderseitenstränge ge-

langen und dort hirnwärts ziehen. Wahrscheinlich aus Zellen gleicher Art stammt eine Hinterwurzelfortsetzung zum Kleinhirn, welche gekreuzt und ungekreuzt als Tractus cerebello-spinalis ventralis ventral von der erstgenannten Kleinhirnbahn ein eigenes Areal der Vorderseitenstränge bildet. Daß die Dorsalwurzeln alle auch absteigende Bahnen abgeben, erhellt ebenfalls aus dem Schema.

4. Fasern, die aus der grauen Substanz heraus in die Stränge treten, um nach längerem oder kürzerem Verlaufe wieder dahin zurückzukehren, sind über alle Stränge verbreitet. Sie stellen einen erheblichen Beitrag zum Rückenmarkweiß. Die kürzeren dieser Assoziationsbahnen liegen dicht benachbart dem Grau namentlich im ventralen Hinterstrangfelde, in der seitlichen Grenzschicht aber auch über die ganzen Vorderseitenstränge und die Seitenstränge überhaupt verteilt.

Sehen wir nun näher zu, aus welchen Elementen die einzelnen Stränge sich aufbauen.

5. Die Vorderstränge: Dicht an der Inzisur liegen die ungekreuzten Tractus cortico-spinales. Mitten unter sie gemischt, aber weithin den lateral ventralen Rand noch einnehmend, ziehen die Tractus vestibulo-spinales dahin. In dem Raum, welcher zwischen diesen Zügen und der grauen Substanz der Vorderhörner übrig bleibt, liegen außer langen und kurzen Eigenbahnen noch Züge aus dem Mittelhirn, solche, die direkt hierher hinabziehen und solche, welche bereits im Mittelhirn gekreuzt haben.

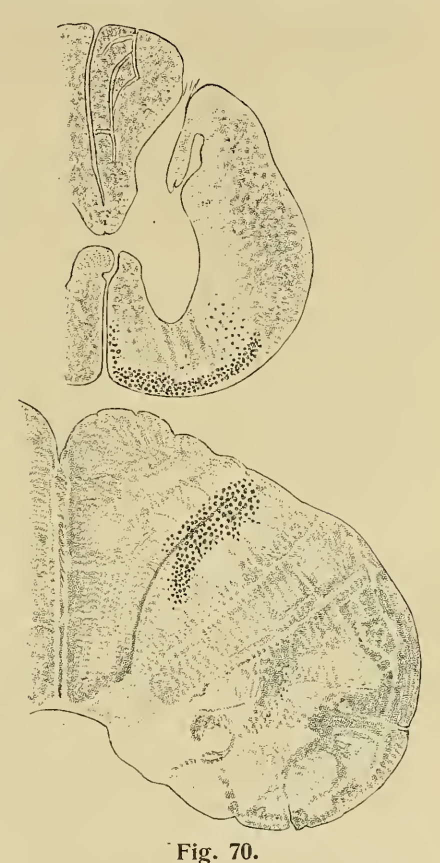


Fig. 70.
Degeneration des Tractus vestibulo-spinalis. Experiment von Probst.

Ganz dicht an der Medianebene sehen Sie in den Vordersträngen innerhalb der gekreuzten Tractus cortico-spinales ein ovales kleines Feld abgegrenzt; Fasciculus sulco-marginalis. Es soll nach Marie freibleiben, wenn die Pyramiden im Großhirn unterbrochen werden, aber entarten, wenn sie innerhalb des Nachhirnes betroffen werden.

Im Halsmarke liegt an der Peripherie der Vorderseitenstränge ein Bündel, das von Bechterew bis in die laterale Umgebung der unteren Olive verfolgt worden ist. Bis dahin hat man auch schon nach seiner Durchtrennung aufsteigende Degeneration verfolgt. Wahrscheinlich geht

es ganz fein um die Olive aufgezweigt verloren. Abwärts läßt sich der Zug entwicklungsgeschichtlich bis etwa zum Niveau des dritten Cervicalis verfolgen. Man wird ihn, der von Bechterew „Tractus olivaris“, von Hellweg „Dreikantenbahn“ genannt wurde, am besten als Tractus spino-olivaris bezeichnen.

An der vorderen Peripherie des Rückenmarkes liegen, wie Sie sehen, eine ganze Anzahl von sehr langen Faserkategorien beisammen. Bei sehr hohen Querschnittunterbrechungen entarten sie zu gutem Teile absteigend und bilden dann ein diese Peripherie umgreifendes Querschnittfeld, das man auch als Fasciculus marginalis, Randbündel, bezeichnet hat.

6. Die Seitenstränge. Die zuletzt genannten Bahnen erstrecken ihr Areal — es sind immer nur sparsame Fäserchen — bis in den ventralen Teil der Seitenstränge. Dieser Abschnitt enthält dann mehr lange und kurze Assoziationszüge als irgendein anderer Teil des Rückenmarkes. Die kurzen liegen überall um die graue Substanz herum, „Grenzschicht“, die längeren über den ganzen Querschnitt verbreitet. Die ganze Peripherie der Seitenstränge wird von den beiden Tractus spino-cerebellares eingenommen. Medial von ihnen liegt dorsal, von der grauen Substanz der Hinterhörner nur durch die „Grenzschicht“ getrennt, der Tractus cortico-spinalis cruciatus, die Pyramidenseitenstrangbahn. In seinem Areal, aber noch mehr an seinem ventralen Rande, ziehen die Tractus spino-thalamici dahin, die sekundäre sensible Bahn. Ihr liegt da, wo sie die ventrale Rückenmark-Kleinhirnbahn erreicht, medial von dieser der Tractus thalamo-spinalis an.

7. Die Hinterstränge: Die Hauptmasse besteht aus den zur Oblongata aufsteigenden Fasern der Hinterwurzeln. Die dicht unter der Schnittfläche eingetretene Wurzel liegt immer der grauen Substanz des Hinterhornes am nächsten, die nächst untere medial von ihr und so fort, so daß die Fasern aus dem Sakralmarke dicht an der hinteren Inzisur aufsteigen. Man kann das Areal jeder Wurzel in den Hintersträngen bestimmen. Einige Beispiele sind in der Figur 71 gegeben.

Jede Wurzel sendet gleich nach ihrem Eintritt einen Zug kaudalwärts. Diese Fasern, zusammen mit den Eigenfasern, bilden etwas medial vom Hinterhorn ein „kommaförmiges Querschnittsfeld“. Der ventralste Abschnitt der Hinterstränge enthält fast nur Eigenfasern, er kann als „ventrales Feld“ abgeschieden werden. Beiderseits von der Mittellinie liegen Fasern, die aus dem Halsmarke zum Conus terminalis abwärts ziehen. Sie bilden im Halsmarke einen schmalen dorsalen peripheren Saum, weiter hinten sammeln sie sich zu einem ovalen Feld innerhalb des Septum.

8. Alle Fasern, welche von der einen zur anderen Seite kreuzen, passieren die vordere oder die hintere Kommissur.

Sind auch die Bestandteile dieser Kommissuren jeder an seinem Orte bereits erwähnt, so ist es doch zweckmäßig, sie noch einmal mehr topographisch zusammenzufassen.

Es verlaufen also in der Commissura anterior (vgl. Fig. 69):

1. Zur Vorderwurzel gehörig: Fasern aus Kernen zur gekreuzten Wurzel, Kollateralen der Pyramidenvorderstrangbahn, zahlreiche Dendritenfortsätze aus benachbart liegenden Vorderhornzellen.

2. Aus den Zellen, um welche sich die Hinterwurzel aufspaltet: die sekundäre sensorische Bahn.

3. Aus den Strangzellen: zahlreiche Achsenzylinderfortsätze zum gekreuzten Vorder- und Seitenstrang.

9. Von der hinteren Kommissur wissen wir sehr viel weniger. Sicher enthält sie markhaltige Nervenfasern, und sicher entstammen diese der hinteren Wurzel und auch Gebieten, in welche Hinterwurzelfasern eintreten.

Bei Föten verschiedener Säuger sind je nach der untersuchten Tierart wechselnde Verhältnisse dieser Kommissur gefunden worden. So lassen sich z. B. beim Hunde drei verschiedene Abteilungen der Kommissurfaserung unterscheiden, bei der Kuh nur zwei usw.

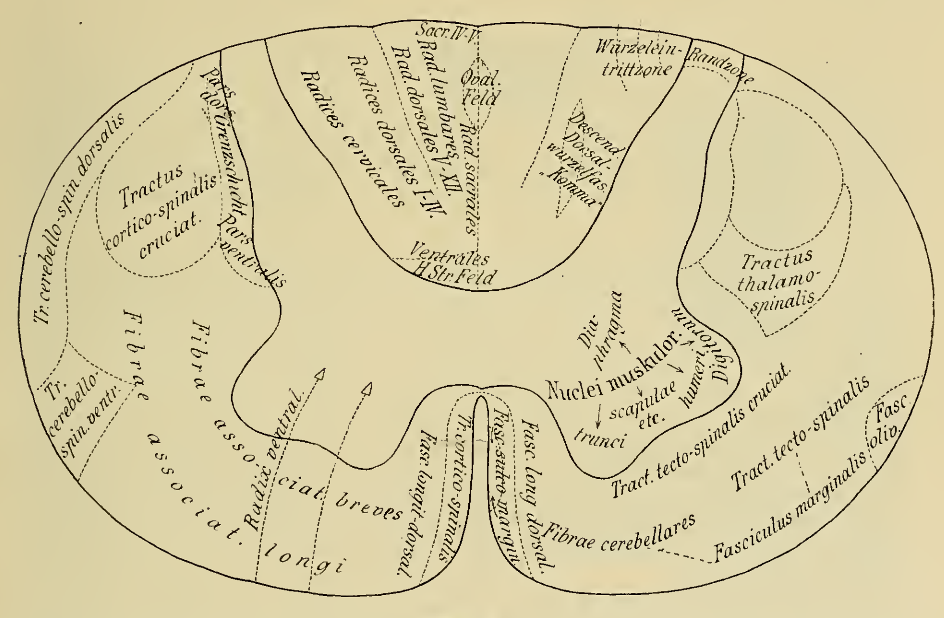


Fig. 71.

Übersicht der einzelnen Bahnen, welche auf einem Querschnitte durch das Halsmark abgeschieden werden können. Im wesentlichen nach den Ergebnissen der Entwicklungsgeschichte und der sekundären Degenerationen.

Das Bild von den wichtigsten Faserbahnen im Rückenmark, das ich Ihnen heute vorlege, könnte noch um vieles feiner ausgeführt, noch mit manchem hochinteressanten Detail verziert werden. Schon sind wir aber an so manche Stelle geraten, wo unser Wissen unsicher wird, und getreu der Grenze, die diese Vorlesungen sich stecken mußten, will ich da abbrechen, wo die Fälle eruierter Details und sich wider-

sprechender Meinungen der Autoren noch nicht gestatten, dem Lernenden präzise Bilder vorzuführen.

In der Vorrede zu seinem großen Werke über den Bau des Rückenmarkes sagt Stilling: „Wir dürfen, um mit dem edlen Burdach zu reden, nicht vergessen, daß wir bei der Erforschung des Rückenmarkbaues in ein Wunderland reisen, welches wir noch so wenig wahrhaft kennen: so mögen wir nur auf Ströme und Berge den Blick heften, um eine klare Übersicht des Ganzen zu erlangen, und es den Nachfolgern überlassen, jeden Bach zu verfolgen und bei jeder Anhöhe zu verweilen."

Dreiundvierzig Jahre sind verflossen, seit mit jener Vorrede eines der inhaltsreichsten Bücher in die Welt ging, mit dem je die anatomische Wissenschaft beschenkt wurde, und noch sind wir gar weit von dem Ziele entfernt, noch lange wird es dauern, bis jene Generalstabskarte wird gezeichnet werden können, von der Burdach und Stilling träumten.

Funktion, Diagnostisches.

Im Rückenmarke liegen physiologisch weit verschiedene Fasern eng beisammen; die als Zentralorgane zu betrachtenden Zellen sind dicht umgeben von peripheren Leitungen. Es wird Ihnen daher begreiflich erscheinen, daß es äußerst schwer ist, die Folgen zu ermitteln, die Symptome festzustellen, welche bei Erkrankung oder Zerstörung eines dieser Komponenten des Rückenmarkes auftreten.

Dennoch hat genaue Beobachtung am Krankenbette und am Sektionstische uns manches Hierhergehörige gelehrt. Eine Anzahl von Rückenmarkskrankheiten befallen immer nur bestimmte Teile des Markes, immer nur einzelne Stränge oder gewisse Gruppen von Ganglienzellen und lassen die übrigen Teile des Querschnittes entweder für immer oder doch für lange Zeit intakt. Die Beobachtung solcher Formen wird natürlich für die uns beschäftigende Frage von größter Wichtigkeit sein. Dann erlauben Verletzungen, Durchschneidungen, Kompressionen des Markes, wie sie durch Karies der Wirbel und durch Tumoren zustande kommen, oft wichtige Schlüsse.

Viel weniger als durch die Pathologie läßt sich durch den Versuch am Tiere ermitteln. Die nötigen Eingriffe sind, verglichen mit den pathologischen Prozessen im Verhältnisse zu dem feinen Mechanismus, den sie treffen, recht grober Natur.

Es kann natürlich in diesen Vorlesungen nicht unsere Aufgabe sein, die reichen Ergebnisse, welche wir zahlreichen Forschungen über die Pathologie des Rückenmarkes verdanken, auch nur kurz zu resumieren. Eine Reihe vortrefflicher Bücher führen Sie ja in dies Gebiet ohne allzugroße Schwierigkeit ein.

Nur einige besonders wichtige oder besonders sichergestellte Punkte seien erwähnt.

Erkrankungen der Hinterstränge machen verschiedene Symptome je nach der Stelle, wo sie die Stränge treffen. Zerstörungen der eintretenden hinteren Wurzeln müssen die ganze in diesen verlaufende Gefühlsbahn unterbrechen und nicht nur den Verlust jeder Art von Gefühl, sondern auch den der Reflexe, die ja durch die sensible Bahn vermittelt werden, nach sich ziehen. Auch die Sehnenreflexe schwinden dann. Degenerationen der Hinter-

stränge verlaufen mit geringen Störungen des Hautgefühles, es scheint immer das Muskelgefühl zu leiden. Die motorische Kraft erleidet durch Erkrankung der Hinterstränge keine Einbuße, wohl aber bis zu gewissem Grade der Muskeltonus.

So wie nach Durchschneidung einer Wurzel ihr Areal ausfällt, so tritt auch nach Zerstörung der grauen Substanz, in welcher die Wurzel zu gutem Teile endet, eine segmentäre Anästhesie auf der gleichen Seite ein. Sie erstreckt sich, wenn nur die graue Substanz des Hinterhornes erkrankt ist — bei intramedullären Blutungen, Syringomelie z. B. — im wesentlichen auf die Schmerz- und Temperaturempfindungen. Innerhalb der grauen Substanz müssen die betreffenden Bahnen kreuzen, denn es wird bei halbseitiger Läsion die ganze unterhalb des Schnittes auf der nicht lädierten Seite liegende Körperregion für die erwähnten Erfindungsqualitäten mehr oder weniger unempfindlich. Mancherlei Erfahrungen, aber auch die Tierexperimente sprechen dafür, daß die gekreuzten Fasern in demjenigen Teile des Seitenstranges hirnwärts ziehen, welcher der Pyramidenbahn ventral anliegt. Die Faserbahnen, welche die Tast- und Druckrezeptionen der Haut zum Rückenmarke leiten, müssen zunächst zum Teil in den Hintersträngen, zum Teil in der grauen Substanz verlaufen. Die Erfahrungen, welche man bei der Halbseitenläsion gemacht hat, sind merkwürdig ungleichmäßig. Meistens ist die gekreuzte Körperhälfte für die erwähnten Sinnesqualitäten unempfindlich, aber zuweilen ist sie es auch nicht, außerdem sind wiederholt auf der Seite der Verletzung selbst Anästhesien, welche sich auf das ganze kaudaler liegende Gebiet erstrecken, beobachtet worden. Es scheint deshalb, als wäre die Bahn für Druck- und Tastsinn doppelseitig vertreten, gekreuzt und gleichseitig. Dann verläuft wahrscheinlich der ungekreuzte Teil in den Hintersträngen, der kreuzende durch die graue Substanz nach den Seitensträngen der anderen Seite.

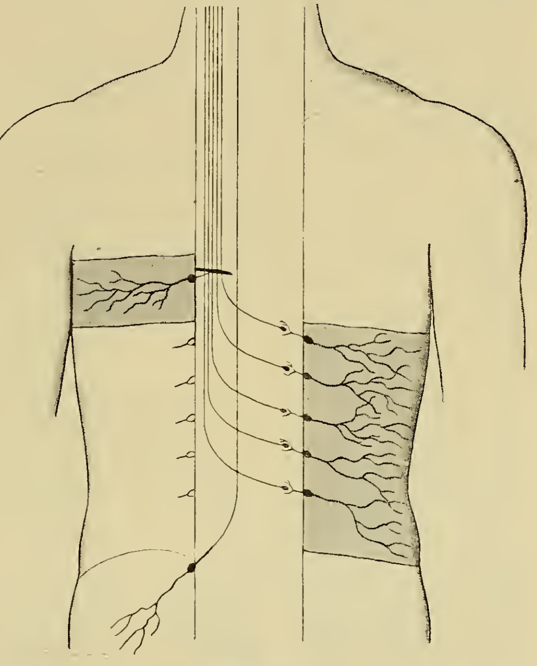


Fig. 72.

Schema einer Halbseitenläsion. Auf der Seite des Schnittes fällt das Wurzelareal der direkt durchschnittenen Wurzel aus, auf der gegenüberliegenden entsteht ausgebreitete Anästhesie, weil die gesamten von da zentralwärts ziehenden Bahnen unterbrochen sind.

Wenn wir der Einfachheit halber einen Augenblick annehmen, daß nur eine Art von rezipierenden Wurzelfasern existiere, so können wir uns leicht ein übersichtliches Schema wie in Figur 72 zeichnen, welches sehr lehrreich die Ausfallerscheinungen erkennen läßt, welche nach halbseitiger Rückenmarksdurchschneidung auf sensiblem Gebiete beobachtet werden. Die Beobachtung hat gelehrt, daß daneben noch — auf bisher unbekannte Weise —

andere Symptome zustande kommen, so namentlich eine Überempfindlichkeit auf der Seite, welche der anästhetischen gegenüberliegt, also auf der Schnittseite selbst. Sie ist möglicherweise nur eine Art Gleichgewichtsstörung des Rezeptionsapparates.

Der Umstand, daß schon bei halbseitigen Herden im Rückenmarke doppelseitige Gefühlsstörungen vorkommen, eine segmentäre im Wurzelfelde und eine diffuse in der unterhalb der Erkrankung liegenden Körperregion, macht Rückenmarksläsionen unterscheidbar von zerebralen und hysterischen, bei denen ebenfalls einseitige Anästhesie vorkommt, aber immer die Störung des zur Anästhesie gekreuzten Wurzelfeldes fehlen wird. Auch manche periphere Affektion, die sonst schwer als solche zu erkennen wäre, läßt sich abscheiden, wenn jenes Zusammentreffen fehlt.

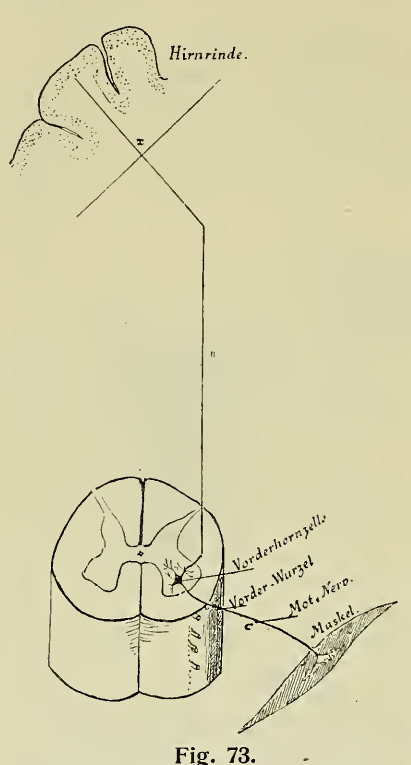


Fig. 73.
Schema der Innervation für einen Muskel.

Wenn die graue Substanz der Vorderhörner von einem krankhaften Prozesse zerstört wird, dann tritt, ganz wie bei Zerstörung peripherer Nerven, Lähmung in den Muskeln ein, welche ihre Nervenfasern aus der betreffenden Stelle beziehen. Dieser Lähmung gesellt sich ungemein rasch Atrophie der gelähmten Muskeln zu. Auch darin ist sie der peripheren Lähmung ähnlich, daß die Muskeln auf den elektrischen Strom meistens bald so reagieren, als ob ihr zuleitender Nerv durchschnitten sei. Da der Nerv und seine Aufsplitterung im Muskel nur Ausläufer der Zelle sind, so bietet die Erklärung dieses Verhaltens keine Schwierigkeit.

Man wird aus dem geschilderten Symptomenkomplexe immer eine Erkrankung der motorischen Bahn erster Ordnung diagnostizieren dürfen.

Ganz andere Erscheinungen treten ein, wenn die motorische Bahn zweiter Ordnung, die Tractus cortico-spinales, unterbrochen wird.

Erkranken die Pyramidenbahnen, so werden bei Tieren (Rothmann) die willkürlichen Bewegungen nur vorübergehend gestört, beim Menschen bleiben dauernd fast alle unmöglich. Außerdem geraten die gelähmten oder auch nur geschwächten Muskeln in dauernde Spannungszunahme, neigen zur Kontraktur und sind auf mechanische Reize sehr viel mehr als in normalem Zustande erregbar. Immer, wenn Sie diese Symptome allein oder einem anderen Symptomenkomplexe beigemischt finden, dürfen Sie mit aller Sicherheit eine Beteiligung der Pyramidenbahn an der Erkrankung annehmen. Nicht so selten hat einseitige Unterbrechung der Pyramidenbahn doppelseitige Erscheinungen von Parese und Spannungserhöhung der Muskeln zur Folge.

Es kommen Kombinationen von Erkrankung der primären mit solcher der sekundären motorischen Bahn vor. Die bestbeobachtete ist die amyotrophische Lateralsklerose. Hier entspricht den klinischen Erscheinungen:

Parese, Spasmen, Muskelatrophie, der anatomische Befund: Erkrankungen der Pyramidenbahn und der Vorderhornzellen.

An dem vorstehenden Schema (Fig. 73), welches den Zusammenhang von zentraler und peripherer motorischer Bahn darstellt, können Sie sich diese Verhältnisse leicht einprägen.

Eine Erkrankung, welche sich in der Linie x a c, resp. in den von ihr repräsentierten Fasern lokalisiert, führt zur Lähmung. Wenn sie vor der Ganglienzelle die Leitung unterbricht, also bei x oder a, trägt sie den Charakter einer zentralen Lähmung ohne Atrophie und geht häufig dadurch, daß wahrscheinlich andere Bahnen für x a eintreten, in Besserung resp. Heilung über. Wird aber die Linie x a c in der Ganglienzelle oder irgendwo in c unterbrochen, so tritt nicht nur Lähmung, sondern auch Schwund der gelähmten Fasern und Atrophie der von ihnen versorgten Muskeln ein. Dadurch wird die Aussicht auf Wiederherstellung der gelähmten Partien eine sehr geringe. Zuweilen tritt nach langdauernder Unterbrechung von x a auch allmählich Beteiligung von c auf. Das ist aber selten. Unterbrechung der Bahn a führt auch zu absteigender Degeneration von der Unterbrechungsstelle bis zur Höhe des betreffenden Vorderhornes.

Als ein Beispiel für Lähmung und Muskelschwund, wie sie nach Erkrankung der Vorderhörner auftreten, erwähne ich die „spinale Kinderlähmung". Dort tritt ganz plötzlich komplette Lähmung einzelner Muskelgruppen auf, und rasch folgt ihr Schwund der Muskelsubstanz. Die Untersuchung des Rückenmarkes ergibt dann Erkrankungsherde, welche die graue Substanz der Vorderhörner getroffen haben. Auch die Nerven, ja die Wurzeln selbst werden allmählich atrophisch.

Die Mehrzahl der Bahnen für die Gefäßinnervation verläuft ungekreuzt, wahrscheinlich im Vorderseitenstrange, den sie mit den vorderen Wurzeln erreicht (Kocher). Für die Blasen- und Mastdarminnervation müssen wir nach den klinischen Beobachtungen des gleichen Autors eine doppelseitige Innervation annehmen. Es ist, wie oben mitgeteilt wurde, sehr möglich, daß diese in den beiden Tractus cervico-lumbales dorsales zu suchen ist.

Mit dem 7. Cervicalnerven und mit einigen höheren Wurzelfasern treten aus dem Sympathikus Fasern in das Rückenmark, welche bei der Innervation des Auges und der gleichseitigen Gesichtshälfte in Betracht kommen. Sie verlaufen im Marke ungekreuzt cerebralwärts. Deshalb machen Unterbrechungen der siebenten Wurzel ebenso wie Rückenmarksdurchtrennungen oberhalb des siebenten Segmentes immer gleichseitige Verengerung der Lidspalte und der Pupille links, oft auch Abnahme des Gesichtsturgor auf der verletzten Seite.

Die Bahnen für die Reflexe liegen alle in der grauen Substanz mit zuführenden und wegführenden Bahnen in der weißen Substanz. Wahrscheinlich ist die Mehrzahl der Reflexe an Segmente gebunden, die nicht sehr weit von dem Eintritt der betreffenden Wurzeln liegen. Die Reflexe können aber von frontalwärts gelegenen Punkten aus beeinflußt werden, entweder durch Hemmungen oder dadurch, daß von oben herabkommende Bahnen ihr Zustandekommen erst ermöglichen, z. B. den Muskeltonus entsprechend regulieren. Vollständige Unterbrechung des Rückenmarkes führt zunächst zu Verlust aller Reflexe, die Sehnenreflexe bleiben dann gewöhnlich dauernd aus, die Hautreflexe können wieder eintreten. Eine Anzahl mit der Blasen-, Mastdarm- und Vasomotoreninnervation verbundener Reflexe können aber auch bei völliger Quertrennung erhalten bleiben.

Einseitige oder überhaupt partielle Markverletzung steigert meist die Lebhaftigkeit der Reflexe. Es ist also, wenn man totale Rückenmarks-

trennung von partieller unterscheiden will, die Beobachtung der Reflexintensität von besonderem Nutzen (Bastian, Bruns, Kocher).

Die anatomischen Verhältnisse des Rückenmarkes, soweit sie makroskopisch zu ermitteln waren, haben Burdach, Sömmering und F. Arnold festgestellt. Die Verbindung der grauen Substanz der Vorderhörner mit den vorderen Wurzeln hat zuerst Bellingeri, die der Hinterhörner mit Fasern der Hinterwurzeln Grainger erkannt. Der feinere Bau des Rückenmarkes ist aber erst B. Stilling erschlossen worden, dann haben Kölliker, Goll, Deiters, Gerlach, Clarke und andere in vieles neue Klarheit gebracht. Den Arbeiten von Türk, Flechsig, Charcot, Gowers verdanken wir den größten Teil dessen, was wir über den Faserverlauf in der weißen Substanz bis vor kurzem wußten. Es ist aber dann durch die Arbeiten von His, Golgi und S. Ramon y Cajal (Kollateralen, Aufsplitterung des Achsenzylinders u. a.), durch Studien von Kölliker, Gehuchten, Lenhosseck, deren zum Teil ja in der einleitenden Vorlesung schon Erwähnung geschehen ist, ein ganz bedeutender Fortschritt in der Kenntnis des Rückenmarkes geschaffen worden. Für die meisten Faserbahnen sind im Texte die ersten Entdecker bereits genannt. Die Lokalisation der Muskelinnervation ist durch gemeinsame Arbeit sehr vieler festgestellt. Kayser, Collins, Starr, Bruce, Wichmann, van Gehuchten, Sano seien genannt, aber zahlreiche wichtige kleine Einzelarbeiten haben neben den umfassenderen Studien die Einsicht in das Ganze vertieft. Außerdem haben Singer und Münzer, Löwenthal, Mott, Schaffer, Boyce, Hoche, Bruce, Bechterew, Tschermak und andere in den letzten Jahren über vieles wichtige Aufklärung gebracht und verdanken wir Waldeyer neben manchen neuen Tatsachen eine kritische Revision unserer Kenntnisse.

Zehnte Vorlesung.

Das verlängerte Mark.

Am oberen Ende des Rückenmarkes verlagern sich die weißen Fasern, welche es zusammensetzen, in mannigfacher Weise, die Ausdehnung und Form der grauen Substanz ändert sich erheblich, neue Anhäufungen von Glia und Ganglienzellen treten auf, und rasch wird das Ihnen jetzt wohlbekannte Bild des Rückenmarksquerschnittes verwischt. Namentlich wird es undeutlich, wenn dicht über dem Rückenmarksende mitten in die Seitenstränge die Oliva inferior, ein graues, vielfach gefältetes, ganglienzellenreiches Blatt sich einschiebt, wenn der Zentralkanal, immer weiter nach hinten rückend, zur Rautengrube sich erweitert.

An dem Übersichtsbild der ventralen Oblongataseite, das ich zunächst vorlege, erkennen Sie zunächst, daß in der Verlängerung der Vorderstränge des Rückenmarkes die dicken Stränge der Pyramiden auftreten. Ihre Fasern stammen aus den Vorder- und Seitensträngen des Markes, wo wir ihnen bereits als Tractus cortico-spinales begegnet sind. Die Vorderstrangbahn gelangt, wie Sie wissen, direkt in die gleichseitige Pyramide. Die Seitenstrangbahn aber kreuzt hinüber zur anderseitigen. Etwas von dieser Kreuzung sehen Sie schon an der Oberfläche, wenn Sie die vordere Rückenmarkspalte hirnwärts verfolgen.

Wenn der Tractus cortico-spinalis den Seitenstrang verläßt, rückt natürlich das Hinterhorn mit seiner Substantia gelatinosa ventralwärts, in den leer werdenden Raum hinein, wie ein Blick auf Fig. 75 a u. b klar macht.

Legen wir einen Querschnitt durch die untere Grenze der Pyramidenkreuzung selbst an. Er bietet noch einige besondere Verhältnisse: Das Vorderhorn wird mit seiner medialen Zellgruppe ganz von der übrigen grauen Substanz abgetrennt; daß seine lateralen Gruppen mit

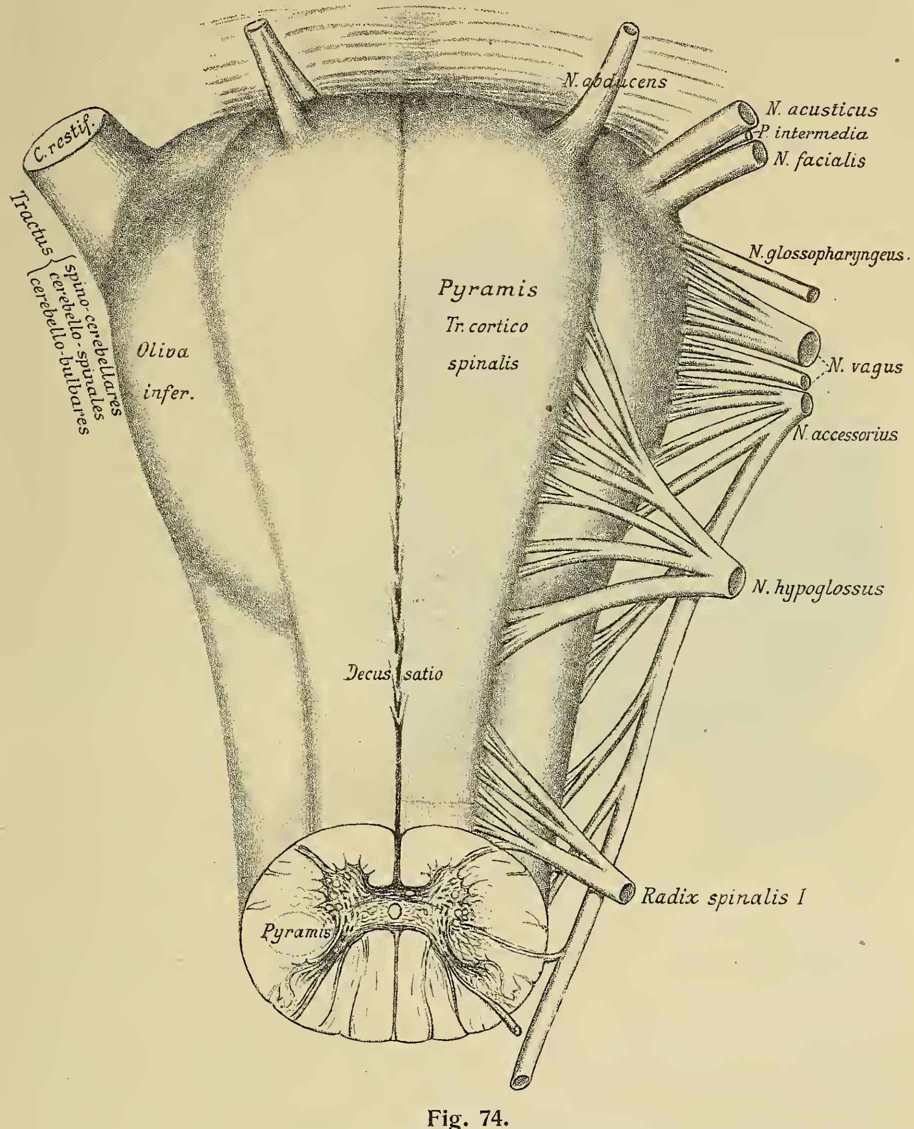


Fig. 74.

Die Medulla oblongata des Menschen.
Unten der Querschnitt geht durch das Ursprungsgebiet des ersten Cervikalnerven.

dieser in Verbindung bleiben, werden Sie später erkennen, wenn weiter hirnwärts die mächtige Kreuzung der Traktus aufgehört hat. In das Hinterhorn treten, wenn einmal die frontalsten sensiblen Bahnen des

ersten Cervikalnerven eingetreten sind, eine Strecke weit keine Züge mehr ein, es wird deshalb sein Grau zu einer ganz dünnen Platte, die nur durch den „Hals“ mit dem durch Substantia gelatinosa stark verdickten Endteil zusammenhängt.

Die Substantia gelatinosa wird durchzogen von zahlreichen feinen Fäserchen, die zum Teile Hinterwurzelfasern sind. Zu einem anderen Teile aber stammen sie von weit her, nämlich aus dem Ganglion Gasseri. Die Zellen dieses Ganglions entsenden peripherwärts den Nervus trigeminus, nach dem Zentralorgan aber die Trigeminuswurzel. Von dieser wendet sich ein Teil kaudalwärts. Aus ihm senken sich fortwährend feine Fäserchen in den Endkern des Trigeminus, eine Säule gelatinöser Substanz, welche von der Brücke an hinab bis in die Substantia gelatinosa des oberen Rückenmarkes nachweisbar ist.

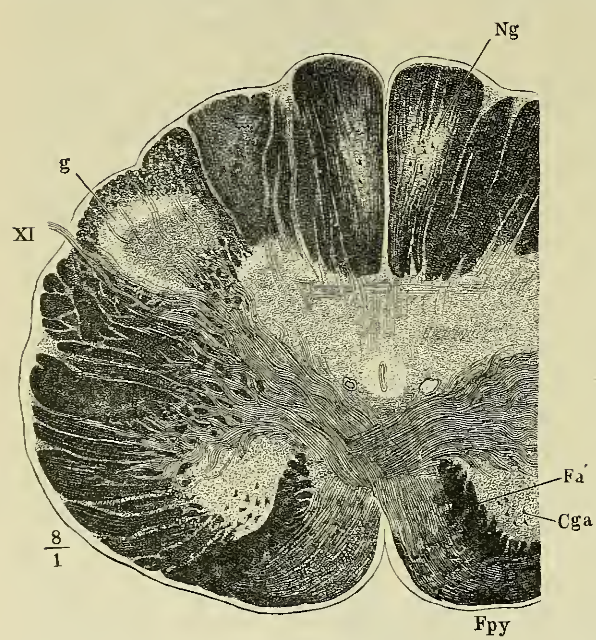


Fig. 75 *A* (nach Henle).

Querschnitt des verlängerten Markes durch die Pyramidenkreuzung. *Fpy* Pyramidenstrang, *Cga* Vorderhorn, *Fa'* Vorderstrangrest, *Ng* Nucl. func. gracilis, *g* Subst. gelatinosa, *XI* N. accessorius.

Der halbmondförmige Querschnitt des Tractus spinalis N. V. liegt im Halsmark ebenso wie in der Oblongata und Brücke der Substantia gelatinosa dicht an. Sie werden ihm auf allen Schnitten, die ich Ihnen von heute an vorlegen werde, z. B. Figg. 98 u. 99, begegnen. Man hat ihn auch als absteigende Quintuswurzel bezeichnet. S. auch Fig. 113.

Dann sehen Sie, daß die Seitenhörner stark ausgebildet sind. Aus Zellen, die an ihrer Basis liegen und höher oben an den Seitenrand des Vorderhornes rücken, kommt der Nervus accessorius Willisii. Seine Wurzelfasern, die bis hinab zum sechsten Cervikalnerven, und aufwärts bis in den Anfangsteil der Oblongata entspringen, treten nicht in geradem Verlaufe aus, wie es nach der Abbildung Fig. 74 scheinen möchte, sondern ziehen aus den Zellen zuerst hirnwärts, um dann im Knie (Darkschewitsch) nach außen abzubiegen. Nur der horizontale Schenkel dieses Knies ist auf dem Schnitte der Fig. 74 und 76 getroffen worden.

Der Accessorius innerviert außer dem Sterno-cleido-mastoideus und einem Teil des Trapezius bekanntlich durch einen peripher mit dem Vagus verlaufenden Ast, den Ramus recurrens vagi, die Stimmmuskeln. Es ist viel darüber ge-

stritten worden, ob die Kerne dieses letzteren Anteiles im Vagus- oder im Accessoriuskerngebiete liegen. Wir wollen diese Verhältnisse besprechen, wenn Ihnen später die verschiedenartigen in den Vagus eingehenden Faserqualitäten bekannt sein werden.

In den Seitensträgen des Rückenmarkes haben Sie noch andere Bahnen als die Tractus cortico-spinales kennen gelernt. Diese alle, die Züge zum Thalamus und zum Mittelhirn, die Fasern zum Kleinhirne und aus demselben, werden von der großen Umwälzung, welche der Wegzug der Pyramidenbahn aus dem Seitenstrange bedingt, gar nicht beeinflußt, sie ziehen geradeaus weiter, immer an derselben Stelle bleibend, bis sie sich in ihren Endpunkten erschöpfen. Nur die Zahl der kurzen Bahnen nimmt erheblich zu. Jetzt handelt es sich nicht mehr allein um Verbindungen einzelner Rückenmarkgebiete, hier treten die Bahnen auf, welche das Rückenmark mit der Oblongata verknüpfen. Da sie vorwiegend dem mächtigen Apparate der Atmung und seiner Zusammenordnung dienen, entwickeln sie sich hier zu einem eigenen großen Areal, dem Assoziationsfelde. Sie erkennen das an der Ausdehnung, welche die Processus reticulares gewinnen. Sie enthalten hier nicht mehr wie unten nur Fasern; auch zahlreiche Assoziationszellen, ganz von der Art, wie sie im Rückenmark an das geschlossene Grau gebunden sind, treten in ihnen zerstreut auf. Man bezeichnet ihre Gesamtheit als Nucleus reticularis, Kern der netzförmigen Substanz. Bis zum Mittelhirn hin werden Sie dieser Masse in wechselnder Ausdehnung begegnen.

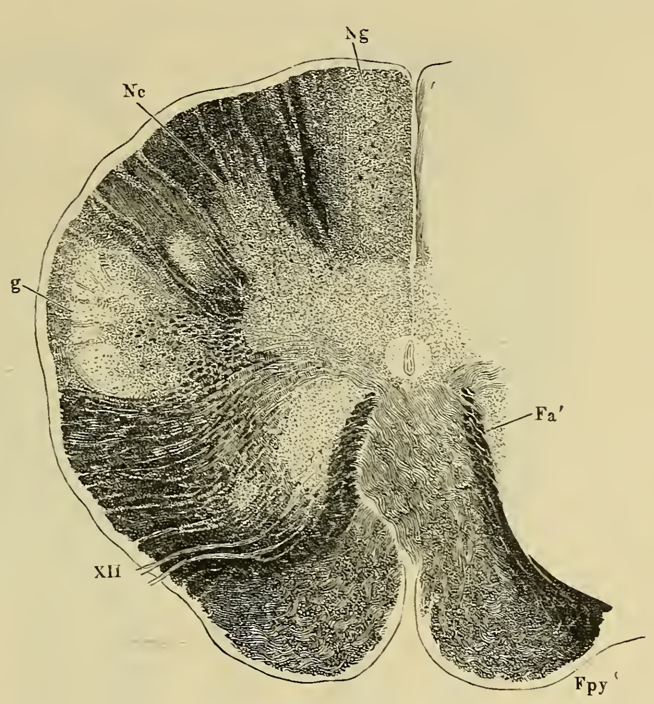


Fig. 75 *B* (nach Henle).

Querschnitt des verlängerten Markes in der Gegend der kaudalsten Hypoglossuswurzeln. Die Pyramidenkreuzung fast vollendet. *Nc* Nucl. funiculi cuneati, *XII* Nervus hypoglossus. Alle anderen Bezeichnungen wie Fig. 75 *A*.

Am frontalen Rückenmarkende treten auch auf der Dorsalseite sehr wesentliche Veränderungen auf. Hier enden nämlich diejenigen Wurzel-

fasern, welche wir als Hinterstränge kennen gelernt, in mächtigen Anschwellungen. Mitten in den Hintersträngen zeigen sich Kerne grauer, Ganglienzellen führender Massen, die Kerne des zarten Stranges und des Keilstranges. Diese Kerne verschmelzen mit der grauen Substanz, welche dadurch ihre Form sehr wesentlich ändert. (In Fig. 75 A. sind die ersteren, auf Fig. 75 B. auch die des Keilstranges schon zu sehen.)

Diese Kerne der Hinterstränge treten schon kaudal von der Pyramidenkreuzung mitten im inneren, dann auch im äußeren Strange auf. Sie werden weiter frontalwärts, je mehr Fasern in ihnen enden,

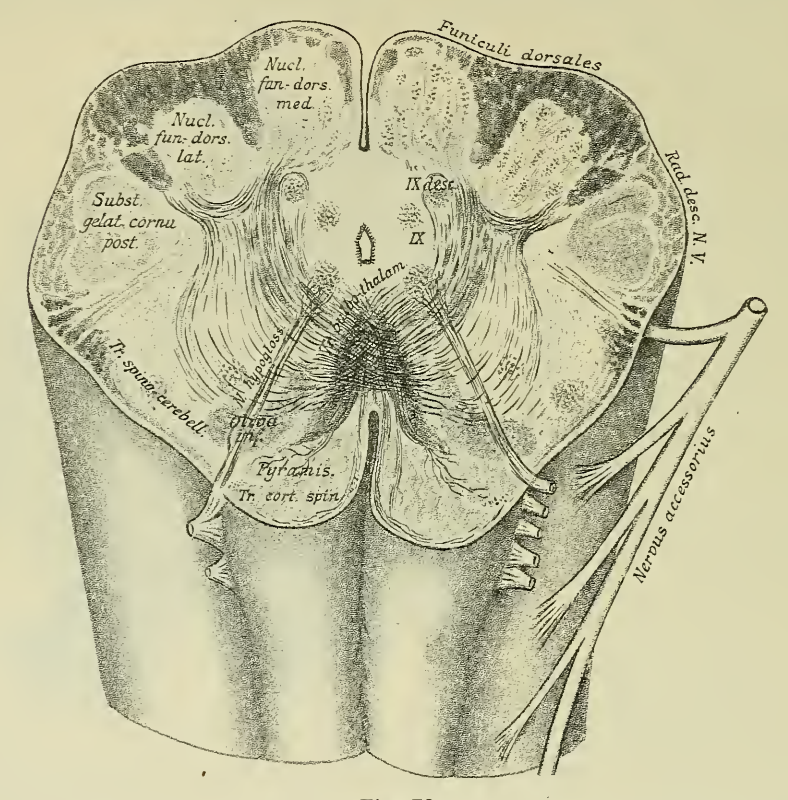


Fig. 76.
Schnitt durch die Oblongata (Neugeborener) frontal von der Pyramidenkreuzung.

um so stärker und liegen schließlich als zwei dicke graue Massen, die von allmählich abnehmenden Hinterwurzeln bedeckt sind, beiderseits dorsal lateral an der Oblongata. (Fig. 98.)

Die Kerne verschmelzen mit der grauen Substanz in der Gegend der Dorsalkommissur. So entsteht da eine mächtige graue Masse, welche aus den Endkernen der sensiblen Fasern medial, den Hinterstrangkernen lateral gebildet ist. Ihr liegen dann ventral die motorischen Kernsäulen an — hier die Ursprungskerne des Accessorius und des motorischen Vagus. Das ist Fig. 76 gut zu sehen.

Diese graue Zentralmasse ist weiter frontal nicht mehr von Hinterstrangfasern bedeckt, denn diese verschwinden ja in ihren Endkernen, das Rückenmarkgrau rückt deshalb, frei werdend, dorsal zur Oberfläche. Nur ein dünnes, vielfach von Lymphspalten durchzogenes Bändchen, der Rest der Commissura posterior, trennt noch den Zentralkanal von dem Duralraume. Noch etwas weiter frontal verdünnt sich dieses zu einer nur aus Zylinderepithel und Bindegewebe bestehenden Membran, die den immer breiter werdenden Hohlraum des Zentralkanales überdeckt. Der Hohlraum heißt von nun an Ventriculus quartus, sein natürlich von erwähnten grauen Masse gebildeter Boden heißt Rautengrube. Am Boden der Rautengrube liegen also die Nervenkerne, zu denen sich noch ein neuer motorischer Kern, derjenige des Hypoglossus ganz



Fig. 77.

Schnitt durch die Oblongata in der Höhe der hinteren Hypoglossuswurzeln. Schema.

medial gesellt. Beiderseits von der Kernregion inseriert die Deckmembran, das Velum medullare posterius und lateral von ihr, aber natürlich extraventrikulär, finden Sie die Hinterstrangkerne. Eine starke seitliche Ausbuchtung des Velum posterius, die nur aus einer Epithelmembran besteht, in welche Blutgefäßschlingen eintreten, wird als Tela chorioidea ventriculi quarti bezeichnet. Siehe Fig. 83. Sowohl im Velum selbst, als an der Ursprungsstelle des seitlichen Plexus findet man durchlöcherte Stellen (Key und Retzius). Die mittelste dieser offenen Stellen im Medullarrohre heißt Foramen Magendii. Sie ist für die rasche Ausgleichung von Druckschwankungen der Zerebrospinalflüssigkeit von großer Wichtigkeit.

Die beiden Schnitte der Figg. 77 u. 78 zeigen deutlich diese Dorsalrücken der grauen Substanz, die Verbreiterung des Zentralkanales und den Schwund der über ihm liegenden grauen Masse. Eine eigentliche Eröffnung ist das

nicht, denn die Tela chorioidea ist ja die direkte Fortsetzung des Zentralkanaldaches. Weiter frontal verdickt sie sich dann wieder, graue Massen treten in ihr auf, das Kleinhirn entwickelt sich aus dem Dache des zentralen Hohlraumes. Nach außen von den Nervenkernen liegen die sehr faserarm gewordenen Hinterstränge mit ihren Kernen. Das Hinterhorn, kenntlich an der Substantia gelatinosa seines Kopfes, ist ganz abgetrennt, aber auch der basale Teil des Seitenhornes, aus dem die Fasern des motorischen Accessorius kamen, verliert kurz über der abgebildeten Schnitthöhe den Zusammenhang mit dem kompakten Teil der grauen Substanz. Er erhält sich als eine ganglienzellenreiche Säule ventral von derselben bis hoch hinauf in die Brücke und gibt, wenn der Accessorius ganz ausgetreten ist, Fasern zum Vagus ab, die erst dorsal steigen und dann zu dem betreffenden Nervenstamme abbiegen (motorischer Vagus- usw. Kern). Höher oben werden wir ihm wieder als Facialiskern

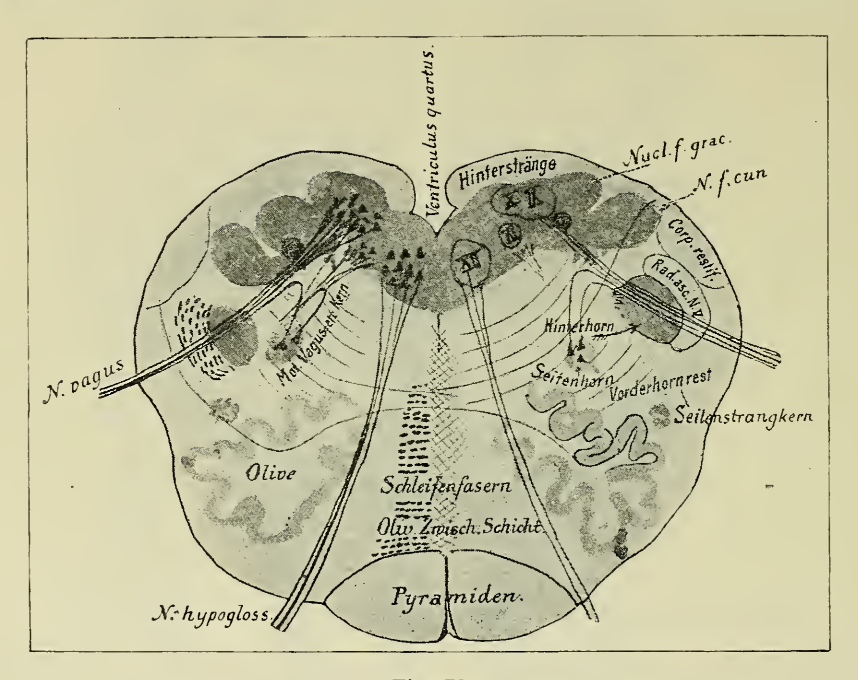


Fig. 78.

Schnitt durch die Oblongata in der Höhe des Vagusaustrittes (schematisiert).

begegnen. Sie können sich also merken, daß außer dem Hypoglossus und den Augenmuskelnerven alle motorischen Fasern der Hirnnerven aus einer Zellsäule entspringen, welche in der Verlängerung der lateralen Vorderhornzellen liegt.

An dem Längsschnitt Fig. 113 sehen Sie die Zusammensetzung des Hinter-Nachhirndaches aus Velum medullare posterius, Cerebellum und Velum medullare anterius.

Auf der Fig. 79 ist dieses ganze Dach weggenommen, so daß man von oben frei in den Ventriculus quartus blicken kann. Sein Boden wird hinten von den auseinander weichenden Hintersträngen, vorn von den Bindearmen, welche nach den Vierhügeln zu konvergieren,

begrenzt. So erhält er die eigentümliche Gestalt, welche ihm den Namen Fovea rhomboidalis, Rautengrube, verschafft hat.

Auf allen Schnitten, die ich Ihnen heute demonstriert habe, ist Ihnen gewiß aufgefallen, daß die Verdickung am oberen Ende des Rückenmarkes nicht nur durch die beschriebene Umlagerung der Stränge und die Zunahme des Assoziationsfeldes entsteht. Vielmehr er-

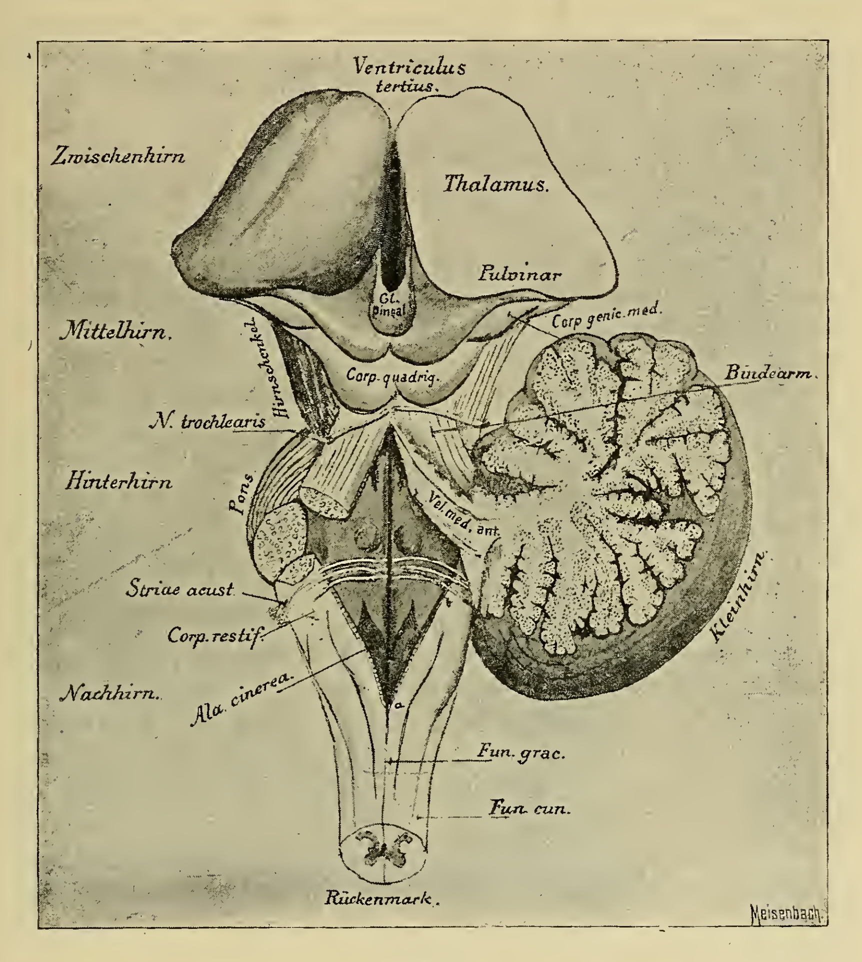


Fig. 79.

Das Hinter- und Nachhirn durch Wegnahme ihres Daches eröffnet. Velum med. ant. und Cerebellum noch sichtbar. Velum med. post. längs der gestrichelten Linie *a b* abgetrennt. Die Entstehung des Ventriculus quartus durch Seitwärtstreten der Dorsalstränge und Verbreiterung des Bodens des Zentralkanales. Das Sichtbarwerden der grauen Substanz.

kannten Sie sicher schon, beiderseits von den Pyramiden, das stark gefältelte Ganglion der oberen Olive, das sich mitten in das Assoziationsfeld einlagert, und es sind Ihnen lange Bogenfasern aufgefallen, die aus den Hinterstrangkernen stammend, die ganze Oblongata durchmessen, um dann dorsal von den Pyramiden die Mittellinie über-

schreitend, ein neues Faserareal zu bilden. Dieses Areal, offenbar aus einer sekundären sensiblen Bahn gebildet — es stammt ja aus den Hinterstrangkernen — heißt Olivenzwischenschicht oder Thalamusschleife. Dadurch, daß es ventral von der grauen Substanz, aber dorsal von den Pyramiden sich anlegt, wird natürlich das Rückenmarkgrau noch mehr dorsal gerückt. Fig. 76. Tr. bulbo-thalamicus.

Wir haben nun im wesentlichen die Elemente, welche uns aus der Beschreibung des Rückenmarkes bekannt waren, in die Oblongata verfolgt und haben gesehen, wie das so sehr veränderte Querschnittsbild dieser Gegend zustande kommt.

Lassen Sie uns jetzt die Einzelelemente näher untersuchen.

1. Die Hirnnerven: Die Oblongatanerven stammen, ganz wie die Rückenmarknerven mit ihrem motorischen Anteile, aus großen Ganglienzellen, mit ihrem sensiblen aus den Kopfganglien, dem Ganglion jugulare, dem Ganglion glossopharyngei, dem Ganglion acusticum innerhalb des Ohrapparates und dem Ganglion Gasseri. Aus diesen Ganglien ziehen die Wurzeln der sensiblen Bahnen in das Zentralorgan. Schon bei den frühen Ahnen der Wirbeltiere ist innerhalb des Kopfbereiches eine Zusammenlegung mehrerer Segmente so eingetreten, daß die Mehrzahl der Kopfnerven komplizierter Natur geworden ist, daß man nicht so direkt wie am Rückenmarke jede Wurzel zu ihrem Endpunkte einfach nahe dem Eintritt oder Austritt verfolgen kann. Die Entwicklungsgeschichte und die vergleichende Anatomie, von der ich Sie später zu unterhalten habe, konnten ein gutes Teil der hier liegenden Probleme lösen. Sie zeigen auch, daß nicht nur Zusammenlegungen stattfanden, sondern daß auch vielfach Rückbildungen vorgingen. Die Säuger haben z. B. von einzelnen Hirnnerventeilen, die bei im Wasser lebenden Tieren mächtig entwickelt sin, kaum noch Andeutungen. Wer würde vermuten, daß der mächtigste Nerv des Fischgehirnes, ein Vagus-facialisast, zu einem ausgedehnten Sinnesapparat der Haut, so gut wie ganz verschwunden ist.

Der Ursprung des Nervus accessorius für die Halsmuskulatur aus Zellen an der Basis des Seitenhornes ist bereits erwähnt. Medial von diesen Zellen tritt schon am kaudalen Ende der Oblongata ein weiterer rein motorischer Kern auf, der (Fig. 76, 77, 78)

Nucleus nervi hypoglossi.

Der Hypoglossuskern besteht aus mehreren Gruppen von Ganglienzellen, die alle unter sich durch ein feines Netzwerk verbunden sind. Aus den großen multipolaren Zellen entwickeln sich feine Reiserchen, die, pinselartig zusammentretend, eine Anzahl von Nervenstämmchen konstituieren. Diese müssen, um die ventrale Oberfläche zu erreichen, die ganze Oblongatadicke durchbohren. Beiderseits von den Pyramiden treten sie zu Wurzelfasern geeint aus.

Ganz wie die Vorderhornzellen erhält auch der Hypoglossuskern eine Bahn aus der gekreuzten Hirnrinde, ein Ästchen des Tractus cortico-bulbaris. Dieses hat sich weit vorn, an der Brücke schon, von dem Tractus cortico-spinalis getrennt und seine Züge in langsam aufsteigendem Verlauf kaudalwärts gesendet. In dem Niveau, welches wir eben besprechen, treten sie aus der Mittellinie aus, um direkt in den benachbarten Kern hinein zu kreuzen. (S. Fig. 80. Fibrae afferentes nuclei XII.)



Fig. 80.

Frontalschnitt durch den Kern des Nervus hypoglossus. Nach Koch.

Ein Netz, Fibr. propr. Fig. 80, welches den Hypoglossuskern in seinen einzelnen Teilen verbindet, ist von besonderem Interesse; es kommt in dieser Art nur noch an einem Kerne, dem Oculomotoriuskerne vor. Es gibt aber auch keine anderen Nerven, deren Fasern immer so gleichzeitig und übereinstimmend in Aktion treten, wie die Hypoglossusfasern beim Schluckakte, die Oculomotoriusfasern bei der Augenbewegung.

Ventral vom Kerne liegen noch einige Zellanhäufungen (Rollers Hypoglossuskern). Ihre Verbindungen sind unbekannt (Sympathikus?).

Die Vaguskerne.

Die Verlängerung des Accessoriuskernes hinwärts heißt Nucleus ambiguus (Fig. 81. 83). Dieser Kern liegt ventral von dem Boden der Rautengrube mitten in deren Assoziationsfeld und entsendet seine Fasern zunächst dorsalwärts. Sie biegen aber dann lateral und erreichen mit Vagusästen gemischt die laterale Außenseite der Oblongata. Ein zweiter motorischer Kern, der Wurzelfasern in den Vagus sendet, liegt, wie Fig. 78 zeigt, am Boden der Rautengrube direkt lateral vom Hypoglossuskerne. Seine Zellen sind nicht ganz so groß wie die des letztgenannten Nervenkernes. Ihre Achsenzylinder ziehen, wahrscheinlich mit solchen von der gekreuzten Seite gemischt, direkt lateralwärts, um dorsal an der Substantia gelatinosa des Quintus vorbeipassierend oder auch sie durchbrechend, die Außenseite des Markes zu erreichen (Marinesco). Es hat einer sehr langen Arbeit bedurft, um zu ermitteln, in welche der verschiedenen Vagusäste diese verschieden entspringenden motorischen Vaguswurzeln eintreten. Aber durch die Arbeiten von Grabower, Bunzl-Federn, Kreidl, Kohnstamm, Gehuchten, Ossipow u. a. ist soweit Klarheit geschaffen, daß man heute die verschiedenen Wurzeln innerhalb der Vagus-Accessoriusgruppe einigermaßen funktionell und nach ihren wesentlich durch Degenerationen ermittelten Ursprungsverhältnissen kennt. Ich glaube das folgende aussagen zu können: Aus dem spinalen Accessorius stammen nur die Fasern zur Halsmuskulatur. Aus der Wurzelgruppe, welche ihnen zunächst frontal anliegt, entsteht der Laryngeus inferior für die Innervation der Kehlkopfmuskulatur. Seine Fasern stammen alle aus dem Nucleus ambiguus, den man wohl als Laryngeuskern bezeichnen dürfte. Die Fasern, welche aus dem Kerne lateral vom Hypoglossus stammen, mischen sich den sensiblen Vagusfasern bei. Reizversuche sprechen durchaus dafür, daß sie der motorischen Innervation des Herzens und wohl auch der Atmungsregulation dienen.

Die sensiblen Vagusfasern aus dem Ganglion jugulare treten ganz wie die Dorsalwurzeln am Rückenmark dorsal von den motorischen (des Nucleus ambiguus) ein. Sie gelangen in einen großen Kern lateral von den Hypoglossuskernen, der von prismatischem Querschnitte ist und beiderseits von der Mittellinie am Boden der Rautengrube fast überall frei liegt. Mitten in diesen Kern — den dorsalen Vaguskern — ist der vorhin erwähnte dorsale motorische Anteil eingelagert. Schließlich endet ein beim Menschen kleiner, bei niederen Säugern größerer Anteil des Vagus noch in einer rückenmarkwärts absteigenden Kernsäule, die wir nachher zu betrachten haben, dem Fasciculus solitarius.

Der Vagus hat also drei Kerne: Einen dorsalen gemischten, einen ventralen rein motorischen, den Stimmbandkern und einen Kern für seine rückenmarkwärts absteigenden spärlichen Wurzelbündel.

In das frontale Ende des dorsalen Vaguskernes tritt ein Teil der Wurzelbündel des Nervus glossopharyngeus ein, ein anderer, der größere, endet weiter kaudal, wie wir gleich sehen werden.

Es ist wohl eine Folge der phylogenetisch eingetretenen Zusammenlegungen innerhalb der Oblongata, wenn die Mehrzahl der sensiblen Wurzeln nicht, wie im Rückenmark direkt bis zu dem Kern, dem Grau

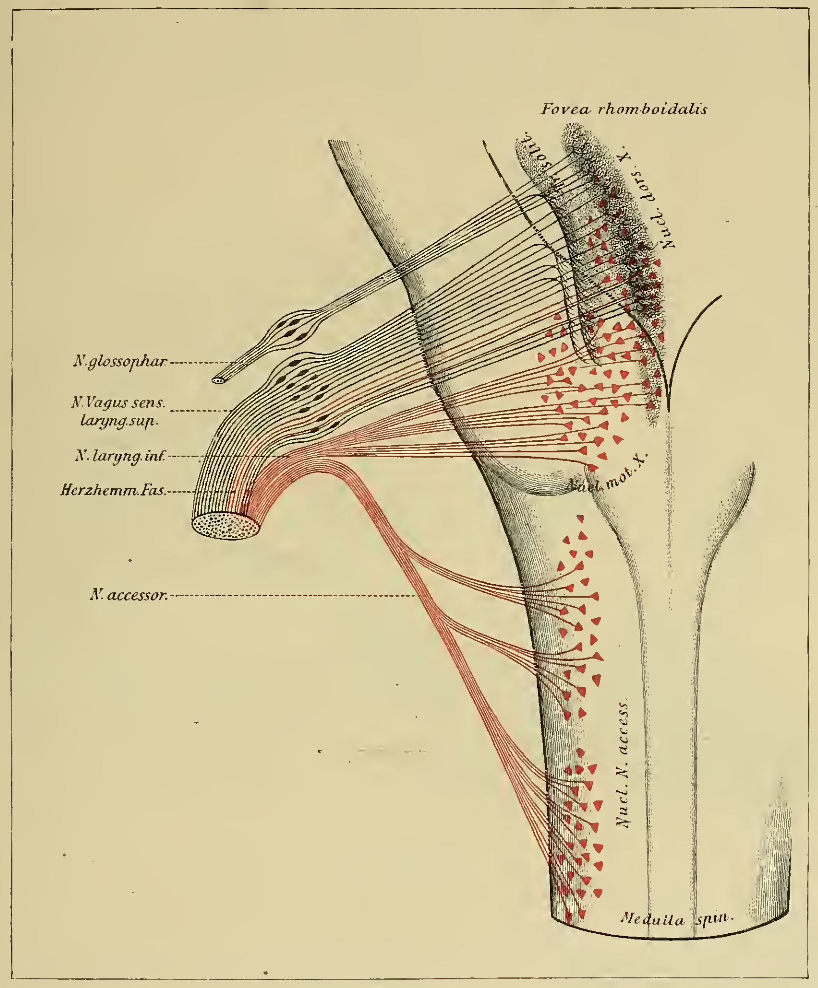


Fig. 81.

Der Ursprung des Nervus Glossopharyngeus, Vagus und Accessorius beim Menschen. Halbschema.

nahe ihrer Eintrittsstelle verfolgt werden kann. Sie senken sich vielmehr innerhalb der grauen Substanz, lateral von den beschriebenen motorischen Kernen kaudalwärts, bilden also „absteigende Wurzelbündel." Ihre Endkerne sind längere oder kürzere Säulen.

Eine dieser Säulen, diejenige, in welcher der Trigeminus endet, haben wir bereits kennen gelernt, die Substantia gelatinosa des Hinter-

hornes. Sie ist lateral ganz bedeckt von der aus dem Ganglion Gasseri abwärts ziehenden und in ihr sich erschöpfenden Trigeminuswurzel. Etwas medial und dorsal von ihr liegt (Fig. 83), vom obersten Halsmarke bis in die mittlere Brückengegend ausgedehnt, eine zweite sensible Endkernsäule, an welche auf dem ganzen Verlaufe Wurzelfasern herantreten. Alle ziehen erst eine Strecke kaudal, ehe sie sich in dem Endgrau des Kernes aufsplittern. Dadurch entsteht lateral von dem langen Kerne ein dicker Faserstrang, der auf allen Schnitten durch die Oblongata sofort auffallend, den Namen Fasciculus solitarius erhalten hat. Frontal, wo der Kern nur dünn ist, nimmt er Geschmack-

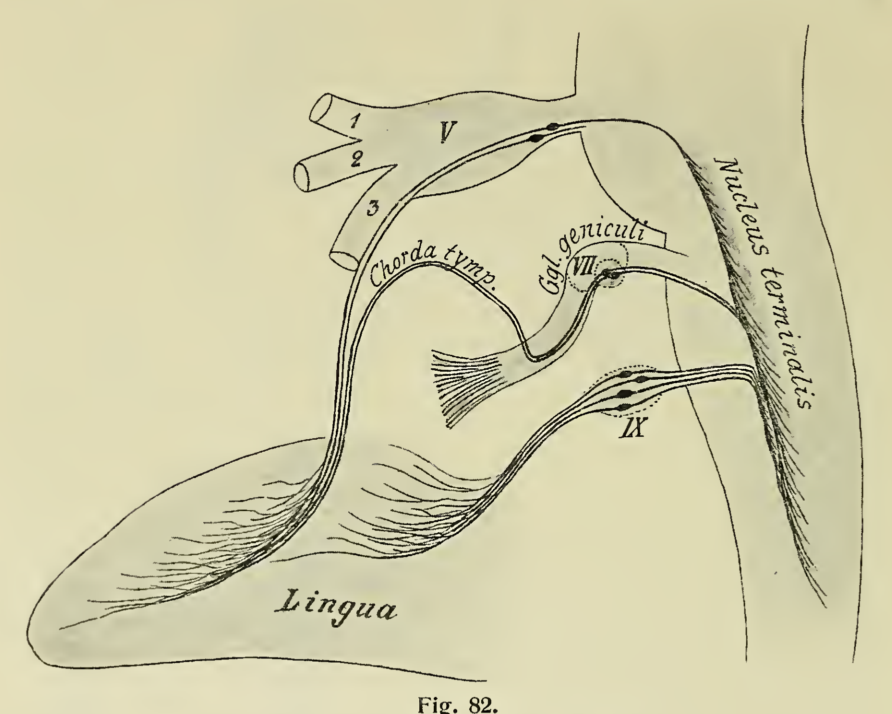


Fig. 82.
Die zentralen Endigungen der Geschmacknerven.

fasern aus dem Trigeminus auf (Wallenberg), etwas weiter kaudal tritt die Chorda tympani durch den Nervus intermedius in ihn ein (Duval), dann schwillt er etwas an, weil der allergrößte Teil des Glossopharyngeus hier mündet (Forel), und schließlich nimmt er noch eine, beim Menschen noch fragliche, jedenfalls geringe Menge von Vagusfasern auf. Die Fig. 82 gibt eine Übersicht über die Zusammensetzung dieses wohl zumeist Geschmackfasern zum Endapparat dienenden Kernes.

Bei Tieren nähern sich dicht an der Stelle, wo der Zentralkanal sich zur Rautengrube verbreitert, die beiden Kerne einander um schließlich gerade über jener Eröffnungsstelle des Zentralkanales zu einer gemeinsamen Masse, Nu-

cleus commissuralis, zusammenzufließen. Hier kreuzt ein beträchtlicher Teil der Fasern des Fasciculus solitarius zur anderen Seite. S. Ramon y Cajal.

Der Nervus glossopharyngeus tritt mit seiner Hauptmasse in den Fasciculus solitarius und endet in dessen Grau, während nur ein relativ geringer Teil direkt im Bodengrau des Ventrikels sich aufzweigt.

Die Existenz dieses dicht vor dem Vaguskerne gelegenen „Glossopharyngeuskernes“ wird bestritten. Es ist in der Tat sehr schwierig, die geringe in ihn eintauchende Nervenportion mit den gewöhnlichen Methoden zu finden. Die Anwendung der Golgimethode lehrt aber — Held —, daß die Verhältnisse so sind, wie ich sie darstellte.

Am frontalen Ende des Nucleus ambiguus beginnt eine Zellgruppe,

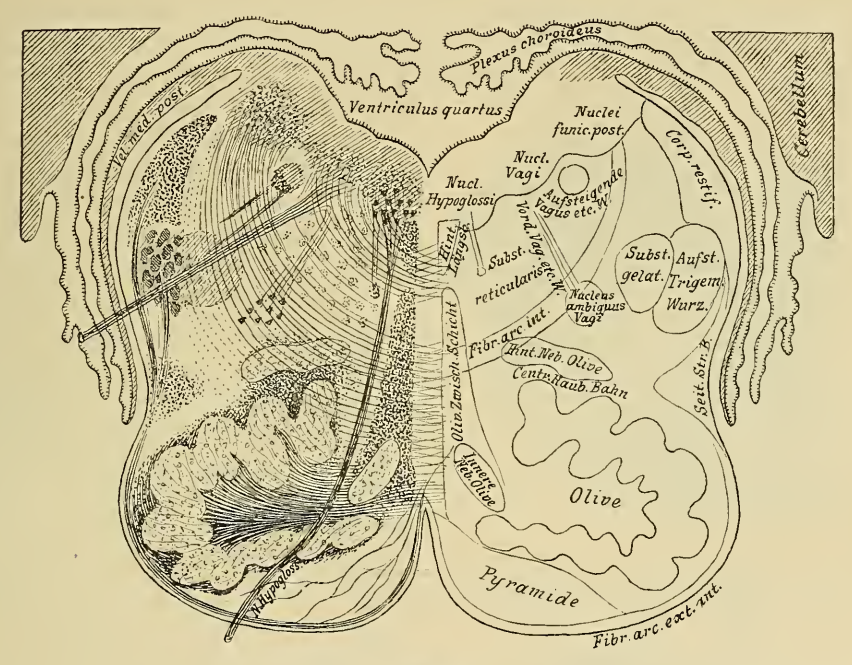


Fig. 83.
Schnitt durch die Medulla oblongata. Die Oliven und ihre Nebenkerne.

aus welcher der Facialis stammt und lateral von dem dorsalen Vaguskern tritt, etwa von der Mitte seiner Länge an, einer der Akustikuskerne auf. Auch Akustikusfasern sind noch weiter lateral als absteigende Bündel schon innerhalb der Hinterstrangkerne sichtbar. Aber diese verschiedenen Kerne wollen wir erst später studieren, weil ihre Faserbeziehungen zu anderen Teilen der Oblongata erst dargelegt werden können, wenn Sie mit dieser mehr vertraut sind.

Ventral von der Kernregion liegen weitere Teile des Eigenapparates der Oblongata.

Sein größter Kern ist die Oliva inferior. Ihre äußere Form s. Fig. 83.

Die Olive, Nucleus olivaris inferior,

ist ein Hohlkörper von der Form eines Eies etwa, dessen Oberfläche außerordentlich stark gefaltet ist. Medialwärts hat sie einen langen, breiten Spalt — Hilus nuclei oliv. Den vielgefalteten Querschnitten sind Sie bereits auf manchen Schnitten begegnet, die ich Ihnen vorgelegt habe. Die Olive hat frisch eine graue, durchsichtige Färbung, weil sie wesentlich aus dichter Gliamasse besteht, in die vielverästelte Ganglienzellen eingelagert sind. Diese Zellen senden einen langen Stammfortsatz aus (Vincenci), und um sie herum verzweigen sich die Endpinsel verschiedener anderer Fasersysteme, besonders solcher aus dem Kleinhirne und aus dem Thalamus.

Lateral sowohl als dorsal von der Olive liegen die innere und hintere Nebenolive, Kerne, die ähnlich gebaut sind, wie die Oliven, und wie diese von den Fibrae arcuatae durchbrochen werden. Durch die erstere, die innere, treten namentlich die Fasern aus der einen zur anderen Olive. Direkt ventral von den Oliven liegen ganz in der äußeren Peripherie der Oblongata die Nuclei arciformes oder praepyramidales (Fig. 99). Ihre Faserbeziehungen sind bisher unklar.

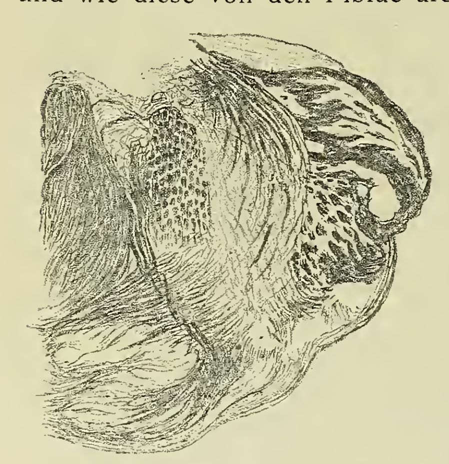


Fig. 84.
Schnitt durch die Oblongata des Delphins nach Hatscheck und Schlesinger.

Die Olive ist nur beim Menschen und den höheren Affen so mächtig ausgebildet wie die Abbildungen zeigen. Bei den meisten anderen Säugern ist sie viel kleiner. Vergleichen Sie z. B. die kleine Olive der Fledermaus oder die Fig. 84 abgebildete des Delphins mit derjenigen des Menschen Fig. 83.

Die Karnivoren, auch die Ungulaten haben nur kleine, nicht einmal überall zusammenhängende gebogene Olivenplättchen, die nur Abschnitten der menschlichen Olive gleichen. Bei der Maus gleicht die ungefältelte Olivenplatte etwa nach Lage und Ausdehnung der medialen Nebenolive des Menschen. Nur etwas länger ist sie. Die ganze Stellung der Nebenolive ist noch unklar. Noch weiß man nicht, ob es sich um eigene Apparate oder um echte Oliventeile handelt.

Die Olive ist um so größer, je mächtiger das Kleinhirn, namentlich sein Seitenteil, entwickelt ist. Die Großhirnentwicklung scheint hier keine wesentliche Rolle zu spielen, denn bei den Walen mit sehr mächtig ausgebildetem Pallium sind die Oliven recht klein.

Die Olive ist ein Apparat, der weitgehende Assoziationen vermitteln kann.

Aus ihren Zellen stammt zunächst ein mächtiger Faserzug zum Kleinhirne, der Tractus olivo-cerebellaris. Wir werden ihn später näher betrachten.

Vom Rückenmarke her zieht aus dem Assoziationsfelde, etwa vom 3. Cervikalnerv ab, zu ihr der schon erwähnte Bechterewsche Tractus spino-olivaris. Aus den vorbeiziehenden Fasern der Tractus spinocerebellares erhält sie Kollateralen (S. Ramon y Cajal), ebenso treten solche, die sich wie alle vorgenannten zu prachtvollen Pinseln im Inneren der Olive aufzweigen, aus mehr medianen Gegenden des Assoziationsfeldes in die Olive.

Auch aus dem Thalamus, die Ursprungsstelle ist noch unbekannt, gelangt ein Faserzug hinab zur Olive. Er ist von Flechsig und Bechterew auf dem Wege der Markscheidenentwicklung gefunden worden. Dieser Tractus thalamo-olivaris, Bechterews zentrale Haubenbahn, liegt dorsal auf der Olive. Ständig dringen Fasern aus ihm in das Innere des Olivenkörpers und am kaudalen Olivenpole legt sich der Rest dieser Thalamusstrahlung wie eine Kappe lateral und kaudal um den Endkonus der Olive.

Die Bahn ist wiederholt nach Thalamusherden absteigend bis in die Olive entartet gefunden worden. Ihre Züge tragen wohl zu dem außerordentlich feinen Plexus bei, der im Inneren des Hohlkörpers, innerhalb der Olivenwand, deren Zellen umgibt. Dieser Plexus, ebenso wie die reichverzweigten Zellen der Olive selbst, wird besser als



Fig. 85.

Doppelseitige Entartung des Tractus thalamo-olivaris. Der Zug ist durch einen Tumor kaudal von den Vierhügeln zur Entartung gekommen. Die anderen gleichzeitig degenerierten Bahnen nur zum Teil eingezeichnet. Nach J. Collier und F. Buzzard.

durch eine Beschreibung klar, wenn Sie einen Blick auf Fig. 86 werfen, in der ich nach mehreren Zeichnungen von Ramon y Cajal die Olivenelemente zusammengestellt habe.

Aus den Zellen der Olive stammen (Vincenzi) Achsenzylinder, die sich medialwärts wenden und alle in den Hohlraum des Olivenkörpers eintreten. Seit Stilling kennt man das mächtige Bündel, das sie nun bilden, und weiß, daß es die Mittellinie überschreitend in die gekreuzte Olive eintritt Fig. 87. Wahrscheinlich gibt es dann deren Zellen auch Zweige ab, aber dann erhebt es sich dorsalwärts, durchbricht die Seitenwände der Olive und zieht bis an den dorsalen Rand der Oblongata. Dort

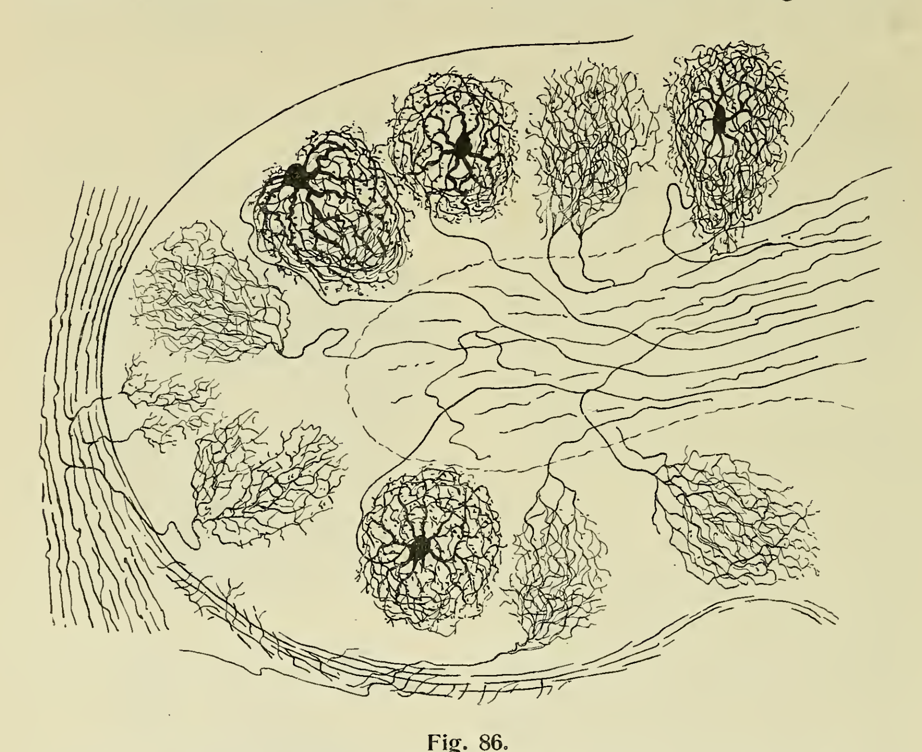


Fig. 86.
Übersicht über den Bau der Olivenwand. Kombiniert aus Zeichnungen S. Ramon y Cajals.

treffen die Fasern dieses Tractus olivo-cerebellaris auf die vom Rückenmark zum Kleinhirn aufsteigenden Bahnen, die Tractus spinocerebellares dorsales. Die umgeben sie als dichte Masse und ziehen mit ihnen zum Kleinhirne. So entsteht der hintere Kleinhirnarm, das Corpus restiforme, im wesentlichen durch den Zusammenfluß der beiden erwähnten Faserarten. Wir werden später sehen, daß er auch aus den Hinterstrangkernen, welche ihm medial anliegen und auch aus anderen Gegenden noch einige Fasern erhält.

In der Oblongata haben die Bogenfasern aus der Olive zu dem Corpus restiforme ziemlich den gleichen Verlauf, wie die etwas medialer aus den Hinter-

strangsträngen entspringenden Bahnen zu dem gekreuzten Areal des Tractus bulbo-thalamicus. Beide sind Fibrae arcuatae internae. Man kann sie auf entwicklungsgeschichtlichem Wege von einander scheiden, weil die sekundären sensiblen Bahnen vor den Olivenbahnen markhaltig werden. Auch degenerativ gelingt gelegentlich die Scheidung. Wenn eine Kleinhirnhälfte zugrunde geht, entarten die Olivenkleinhirnfasern und mit ihnen die gekreuzten Oliven bis zu gewissem Grade. Bei vielen niederen Säugern, bei der Fledermaus z. B., kreuzen die Olivenkleinhirnfasern nicht die Haube, sondern verlaufen als äußere Bogenfasern zu dem Kleinhirnarme.

Wie Sie an Fig. 85 sehen, liegt die Olive mitten in dem Areal, welches im Rückenmark Seitenstrang hieß. Die langen Bahnen aus dem Rückenmarkseitenstrang werden durch den mächtigen Körper lateral gedrückt. Dort bilden sie s. Fig. 90 links ein dreieckiges Feld, welches

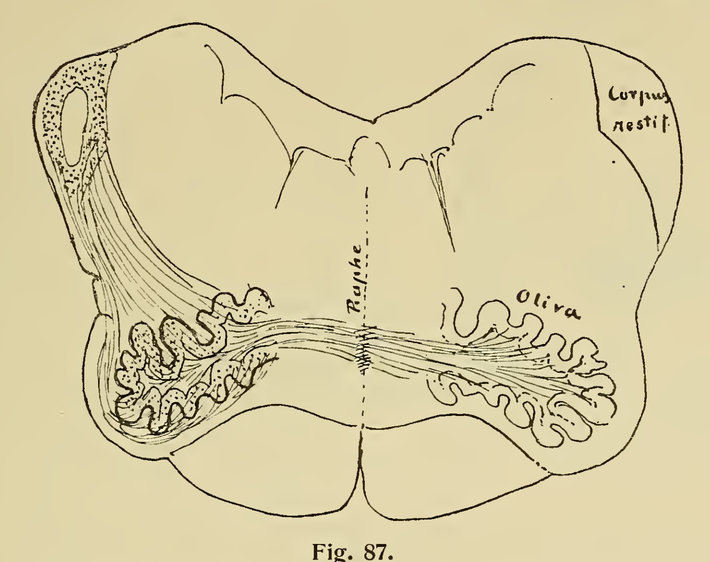


Fig. 87.
Der Kleinhirn-Olivenanteil des Corpus restiforme. Das weißgelassene Feld im linken Corpus restiforme gibt die Lage des Rückenmarkanteiles an.

im wesentlichen die Tractus spino-cerebellares ventrales, die Tractus spino-thalamici und einen kleinen Teil der Tractus tecto-spinales enthält. Dieses aus so verschiedenen Bestandteilen gemischte Bündel heißt: Tractus antero-lateralis ascendens. Auf Fig. 83 u. 90 ist es als Seitenstrangbündel bezeichnet, auf den meisten anderen Abbildungen der Oblongata finden Sie es seiner Zusammensetzung nach angegeben. (Fig. 99.)

Medial von diesem Felde und dorsal von der Olive endet ein guter Teil der langen Assoziationsbahnen aus dem Rückenmarke und es entspringen aus Zellen, welche da liegen, neue längere und kürzere Bahnen. Dieses Feld ist das Assoziationsfeld der Oblongata. (Formatio reticularis). Schneidet man irgendwo das Rückenmark durch, so entarten hier herauf immer einzelne Fasern, um so mehr, je näher man

der Oblongata kommt. Keines dieser Systeme aber entartet höher hinauf als bis in die analoge Gegend der Brücke. Wird innerhalb der Oblongata selbst eine Durchtrennung gesetzt, so entarten wieder Fasern abwärts in das Rückenmark und aufwärts in die Brücke. Es muß sich also um Fasern von längerem oder kürzerem Verlaufe handeln, die den zerstreuten Zellen entstammen, welche innerhalb des Assoziationsfeldes überall liegen. Gerade die Degenerationen nach Durchschneidung sprechen dafür, daß hier nur Verbindungsbahnen zwischen einzelnen Höhen gegeben sind. Will man die Zellen zusammen benennen, so mag man sie Kern des Assoziationsfeldes heißen.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß innerhalb der Formatio reticularis diejenigen Verbindungsfasern verlaufen, welche Facialis-, Vagus und Phrenicuskern zu gemeinsamer Tätigkeit bei der Atmung assoziieren. Dafür sprechen die Versuche von Gad und Marinesco, Atembeeinflussung nur bei Reizung der Formatio reticularis, lateral vom Hypoglossus, und die anatomischen Ergebnisse Kohnstamms, Degeneration der Reticulariszellen nach halbseitiger hoher Durchschneidung, welche die Atmung beeinflußt, ohne daß an den Vagus- usw. kernen Veränderungen auftreten. Sowohl der Vaguskern als die aus ihm ausstrahlenden motorischen Fasern, aber auch die sensiblen Vagusfasern und speziell die Züge des Solitärbündels können durch die dicht benachbarten Ausläufer der Zellen aus dem Assoziationskern sehr wohl mit tiefer liegenden Zentren — Nuclei der Interkostales, Phrenicuskerne — in Beziehung gebracht werden. Kohnstamm, der gerade diese Gegend durchgearbeitet hat, macht darauf aufmerksam, daß zahlreiche Fasern aus der lateral am Assoziationsfeld vorbeiziehenden sensorischen Bahn — Tractus antero-lateralis ascedens — in das Assoziationsfeld eintreten, wie das bereits oben erwähnt wurde. Er hält es für sehr wahrscheinlich, daß diese, ebenso wie die gerade hier durchziehenden Fasern des Trigeminus, auf dem Wege durch das Assoziationsfeld die zahlreichen Reflexvorgänge vermitteln, welche von der Haut und der Nasenschleimhaut aus die Atmung beeinflussen. Ebenso sind dort Faseranordnungen gegeben, welche sehr wohl den Beziehungen zugrunde liegen können, welche zwischen Herzaktion und Atmung bestehen.



Fig. 88.

Schwund der Olive in einem Falle, wo seit der Geburt die ganze gekreuzte Kleinhirnhemisphäre und der größte Teil der gekreuzten Wurmhälfte fehlten.

Lateral im Assoziationsfelde liegen noch einige kompaktere Zellansammlungen. Die größte heißt man Kern des Seitenstranges Sie ist in dem Raume zu suchen, der zwischen dem Nucleus ambiguus und dem dreieckigen Felde des Tractus antero-lateralis ascendens liegt. (Fig. 99.) Der Kern steht durch Fasern in Verbindung mit dem Kleinhirne.

Andere kleine Zellgruppen liegen dicht am lateralen Rande der Oblongata, nahe der Olive und medial von dem Tractus antero-lateralis ascendens. Sie erhalten aus ihm, wahrscheinlich aus seinem Tractus spino-cerebellaris ventralis, massenhafte, ihre Zellen umspinnende Kollateralen, Hoche.

Elfte Vorlesung.

Die Oblongata. Der Leitungsapparat. Der Gesamtaufbau.

M. H.! Nachdem Sie die wesentlichsten Teile des verlängerten Markes nun kennen gelernt, wird es richtig sein, die Leitungsbahnen zu studieren, welche von der Oblongata weiter führen. Kennen wir diese, dann erst vermögen wir das außerordentlich komplizierte Bild, welches der Schnitt durch die Oblongata eines erwachsenen Menschen bietet, leicht zu verstehen.

An die dorsale Außenseite der Oblongata legen sich, jederseits zu dickem Bündel gesammelt, alle die Faserzüge welche das Rückenmark und die Oblongata selbst mit dem Kleinhirne verbinden. Bei frühen Embryonen sieht man gut wie diese ganze Fasermasse vom Rückenmarke heraufwachsend sich der Außenfläche einfach anlegt. Man bezeichnet sie als Corpus restiforme.

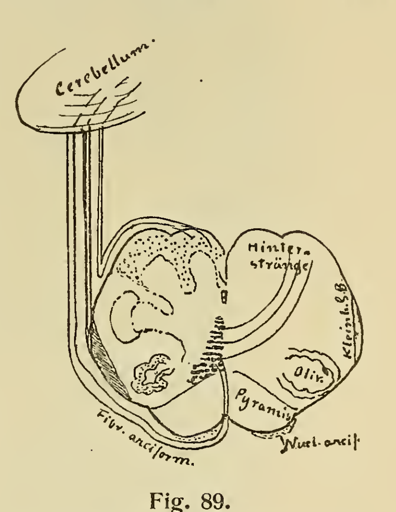


Fig. 89.

Ursprung des Rückenmarkteiles des Corpus restiforme. Die Fasern enden zumeist oder alle im Wurme.

Dieser untere Kleinhirnarm enthält in seinem Inneren zunächst die Faserzüge aus den Seitensträngen des Rückenmarkes, die Tractus spinocerebellares dorsales et ventrales. Um diesen Kern sammeln sich die Faserzüge aus der Olive zum Kleinhirne, welche Fig. 87 abbildete, die Sie um Klarheit zu gewinnen deshalb vergleichen wollen. Diese beiden Faserkategorien bilden die Hauptmasse des Corpus restiforme. Dazu gesellen sich dann noch einige andere Züge. Zunächst erhält der untere Arm Anteile aus den Hinterstrangkernen also aus den primären Endstätten eines Teiles der Hinterwurzeln, welche, wie Sie an Fig. 89 und an Fig. 90 (links oben) sehen, um die hintere äußere Peripherie der Oblongata herum ihm zuwachsen, Fibrae arcuatae externae posteriores. Auch von vorn her gelangen Fasern dorthin. Diese, die F. arc. ext. anteriores, stammen wahrscheinlich aus der Schicht zwischen den Oliven, die auch den gekreuzten Hinterstrangkernen entstammt und aus den Nuclei arciformes, s. Fig. 87. Sie streben aus der Mittellinie vorn an die Oberfläche und ziehen teils ventral, teils dorsal von den Pyramiden, zum Teil auch sie durchschneidend, nach hinten außen zum Corpus restiforme. Die letzteren Fasern hat man auch als Fibrae arciformes der Pyramiden bezeichnet (Fig. 101 von vorn). In sie ist ein Kern von wechselnder Größe, der mehrerwähnte Nucleus arciformis eingelagert.

In dem Fig. 90 abgebildeten Entwicklungsstadium sind nur die Rückenmarksfasern markhaltig. Sie können sich daher an diesem Schnitt gut über Lage und Ausdehnung dieses Teiles des unteren Kleinhirnarmes orientieren.

Schließlich liegen ganz medial dem Corpus restiforme noch Kleinhirnfasern zu den Kernen der sensiblen Nerven an und lassen sich

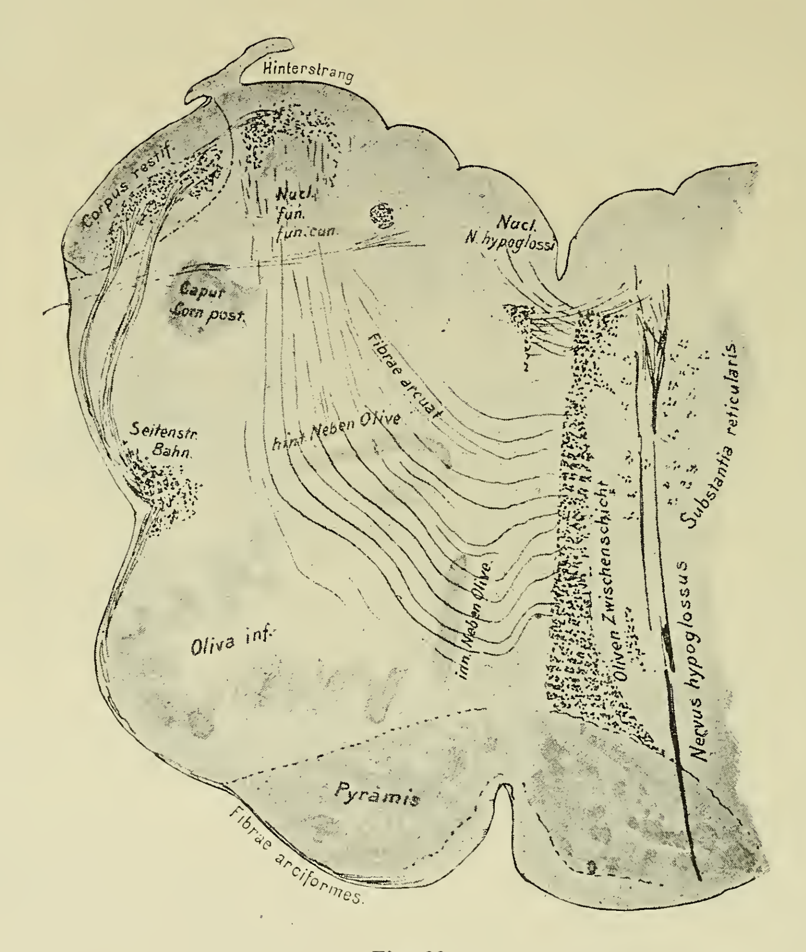


Fig. 90.

Schnitt durch die Oblongata einer Frucht aus der 26. Schwangerschaftswoche. Die markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin gefärbt. Die linke Olivenzwischenschicht und der Tractus spinalis N. trigemini sind nicht eingezeichnet. Im Corpus restiforme ist nur der Rückenmarksteil markhaltig. Fibrae arciformes = Fibr. arc. ext. ant. Die Fibr. arc. ext. post. oben links außen zwischen Corpus restiforme und Hinterstrang. Das als „Seitenstrang" bezeichnete Bündel ist der Tractus ant. lat. asc., der an dieser Stelle bis in die vorderen Brückenebenen bleibt; der Tractus cerebello-spinalis dorsalis zieht hier gut sichtbar direkt in das Corpus restiforme.

Fasern aus oder zu den Zellen des Seitenstrangkernes nachweisen. Wir werden uns später mit diesem unteren Kleinhirnarme noch näher zu beschäftigen haben.

Ein zweites wichtiges System bildet

die sekundäre sensible Bahn.

Wir haben ihren Rückenmarkanteil zu den Seitensträngen bereits früher kennen gelernt. Dieser Tractus spino-thalamicus bleibt auch in der Oblongata in den Seitensträngen liegen, dicht an den Bündeln des Tractus spino-cerebellaris ventralis (Seitenstrangbahn der Fig. 90).

Ein zweiter, sehr mächtiger Anteil der Hinterwurzeln ist ungekreuzt in den Hintersträngen hinauf bis zu deren Kernen gezogen. Dort

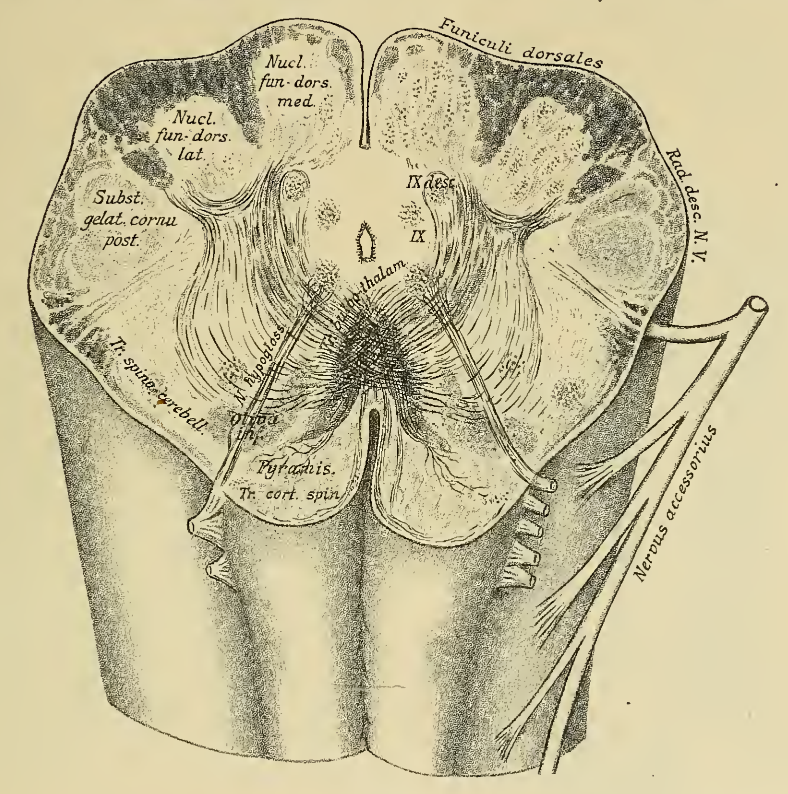


Fig. 91.

Schnitt durch die Oblongata einer Frucht aus dem 9. Monate. Die Kreuzung aus den Hinterstrangkernen — sogenannte „obere Pyramidenkreuzung" — markhaltig.

splittert er sich um die Zellen der Hinterstrangkerne auf. Die Untersuchung von Föten hat (Edinger, Flechsig) gezeigt, daß aus den Hinterstrangkernen eine neue Bahn entspringt. Es sind reichliche Fasern, die ventral aus den Strangkernen austreten und in schön geschwungenen Bogen die ganze Oblongata durchmessen, deren Mittellinie kreuzen und sich dicht an der Raphe dann zu einem mächtigen Querschnittfelde, der Olivenzwischenschicht, ansammeln. An Gehirnen aus dem 7.—8. Schwangerschaftsmonate stören die sich kreuzenden markhaltigen Fasern der Pyramiden noch nicht die Klarheit des Bildes,

dort treten die allein Markscheiden führenden Hinterstrangfasern deutlicher hervor. Zunächst sieht man wesentlich nur Fasern aus den Kernen der Burdachschen Stränge austreten, im 9. Monate aber kann man etwas höher oben auch die Kreuzung der Fasern aus den Kernen der Gollschen Stränge erkennen. Das ist Fig. 90 besonders deutlich.

Das Areal der Olivenzwischenschicht kann bis in den Thalamus verfolgt werden. Werden durch irgend einen krankhaften Prozeß die Hinterstrangkerne zerstört oder die Bogenfasern aus ihnen unterbrochen, so entartet das ganze System frontalwärts durch die Olivenzwischenschicht und das Gebiet, welches in der Brücke Schleife heißt, in das Mittelhirn und von da bis in die ventralen Thalamusschichten. Wir sind deshalb berechtigt, es statt wie bisher mit vielerlei Namen mit dem einzigen, Tractus bulbo-thalamicus, zu bezeichnen. Dieser Tractus ist wahrscheinlich, wie viele Bahnen im Gehirn, doppelläufig, er enthält, dafür sprechen die Veränderungen, welche nach Thalamusherden in ihm auftreten, auch Züge aus dem Thalamus, Tractus thalamo-bulbares.

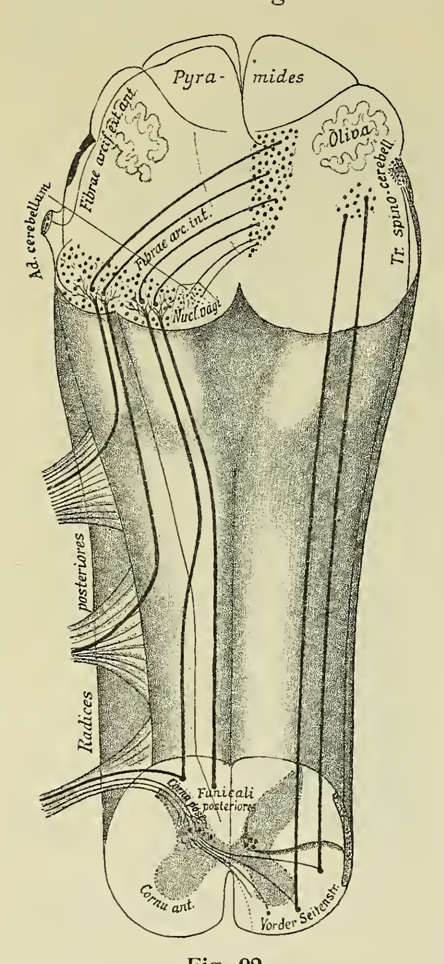


Fig. 92.
Schema des Verlaufes der sensiblen Bahn von den Wurzeln bis zur Oblongata.

Nur in kaudaleren Abschnitten der Oblongata ist dieser Tractus bulbothalamicus durch ein Stück Assoziationsfeld von dem Tractus spino-thalamicus getrennt, weiter hirnwärts nähern sich beide gleichwertige Faserqualitäten, um als geeintes Bündel — eben die Schleife — in den Thalamus einzutreten.

Wenn alle Fasern aus den Hinterstrangkernen gekreuzt haben, dann liegt die gesamte sekundäre sensible Bahn, alle Fasern aus den Endkernen der Gefühlsnerven, zu ihren Eintrittsstellen gekreuzt. Sie bleibt es bis hinauf in das Großhirn. Oblongataherde machen deshalb im Gegensatz zu Rückenmarkherden gelegentlich total gekreuzte Hemianästhesie für alle Gefühlqualitäten.

In Fig. 92 lege ich Ihnen ein Schema des Verlaufes der sensorischen Fasern vor. Wollen Sie an diesem, vom Wurzeleintritte aus-

gehend, den Verlauf der einzelnen Züge verfolgen und schließlich konstatieren, wohin jeder einzelne Zug in der Oblongata gerät.

Tractus cortico-spinalis und bulbaris, die Pyramide.

Das mächtige Bündel der Pyramiden haben Sie bereits in der vorigen Vorlesung kennen gelernt. Auf allen Schnitten, die ich seitdem demonstrierte, waren die Querschnitte dieses immer ventral an der Oblongata entlang ziehenden Systemes sichtbar. Wie sie sich unter teilweiser Kreuzung aus dem Rückenmarke entwickeln, das haben Fig. 75 *A* und *B* gezeigt. Bis frontalwärts in die Brücke lassen sich diese Bündel verfolgen. Dort tauchen Sie, Fig. 93, in die Tiefe und werden von den Brückenfasern in viele Einzelbündel gespalten. Erst am frontalen Brückenrand kommen sie wieder zum Vorschein, um dann in den Hirnschenkeln zur Rinde zu ziehen.

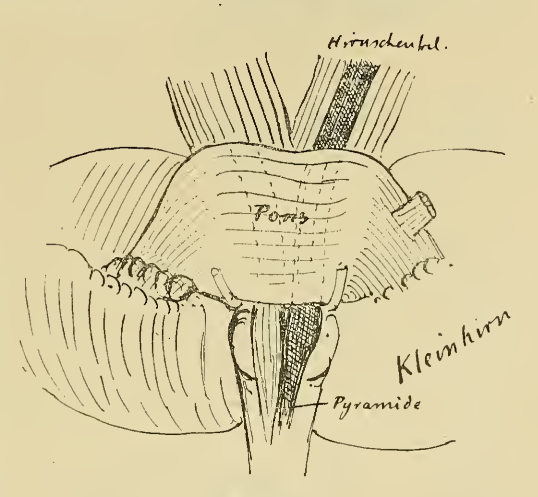


Fig. 93.
Entartung der linken Pyramide nach einem Herd im Großhirn.

Die Gelegenheit, den Verlauf des Pyramidenstranges zu verfolgen, wird sich Ihnen, meine Herren, nicht allzu selten bieten, wenn sie bei der Autopsie von länger bestehenden zerebralen halbseitigen Lähmungen Querschnitte durch den Hirnschenkel, die Brücke, die Medulla oblongata und das Rückenmark machen. Die graue Pyramide auf der erkrankten Seite wird sich meist deutlich von der weiß gebliebenen der anderen Seite abheben; im Rückenmarke wird sich im hinteren Teile des gekreuzten Seitenstranges eine grau verfärbte Stelle finden.

Am frontalen Brückenende, ja schon innerhalb des Hirnschenkels, sondern sich von den Bahnen, welche für die motorischen Kerne des Rückenmarkes bestimmt sind, diejenigen ab, welche zu den Oblongatakernen ziehen, die Sprach- und Schluckbahn also.

Dieser Tractus cortico-bulbaris tritt, kaudalwärts ziehend, immer weiter dorsal und gibt mit einzelnen Bündeln in der Mittellinie kreuzend, dem Fazialiskern, dem Hypoglossuskern und wahrscheinlich auch dem Accessoriuskern Züge ab.

Bei der Fledermaus ist der Pyramidenanteil zum Rückenmarke ganz minimal, derjenige zu den Oblongatakernen aber mächtig. Den ersteren zeigt die Abbildung Fig. 94, wo die Kreuzung durch Fibrae arcif. noch scheinbar vergrößert wird.. Die Hauptmasse kreuzt schon frontal, in den kaudalen Ebenen des Facialiskernes, in welchen sie eintritt. Fig. 95.

Manchmal spalten sich von der Pyramidenbahn frontal mehr Fasern ab als in den Kernen des Markes benötigt sind. Der Überschuß erreicht, in kaudalen Oblongataebenen zur Basis herabbiegend, wieder den Hauptstrang vor oder innerhalb seiner Kreuzung. Diese Bündel, die nicht selten in den dorsalen Seitenteilen des Oblongata, nahe den absteigenden sens. Wurzeln beobachtet werden, heißen Henle-Picksche Bündel. Fig. 96. 35.

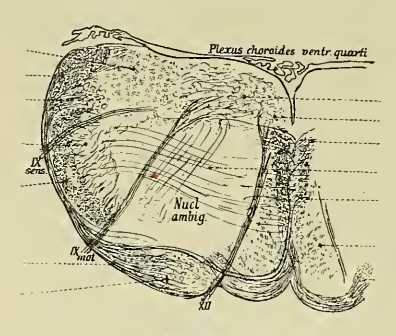


Fig. 94.

Vesperugo noctula. Schnitt in der Gegend der kaudalen Oblongata. Die letzten Enden des Tractus cortico-spinalis treten kreuzend in die Raphe ein.

M. H.! Nachdem wir jetzt die meisten Kerne und Bahnen des verlängerten Markes kennen gelernt, sind wir in der Lage, einmal eine Gesamteinteilung vorzunehmen, welche das Verstehen und Behalten der komplizierten Einrichtungen wesentlich erleichtern wird. Die folgende Abbildung Fig. 97 bilde hierzu die Einleitung.

Wenn jemand in die Fissura posterior des Rückenmarkes eingehend diese auseinander biegen und dabei die Hinterstränge stark seitlich pressen, das Dach des Zentralkanales aber einreißen oder besser stark ausweiten wollte, dann erhielte er ein ganz ähnliches Bild, wie es sich uns hier bietet. Die graue Substanz am Boden der künstlich verbreiterten Spalte würde der Basis der Vorderhörner angehören, was seitlich von ihr gepreßt wurde, entspräche den Hinterhörnern. Weil der Zentralkanal hier zum Ventrikel erweitert ist, liegen alle diese Teile des Eigenapparates frei an dessen Boden, aber Ihrem geistigen Auge mag sich doch für einen Augenblick wieder das bekannte Rückenmarkbild vorstellen, dann ergeben sich viele Lageverhältnisse in der Oblongata ganz von selbst.

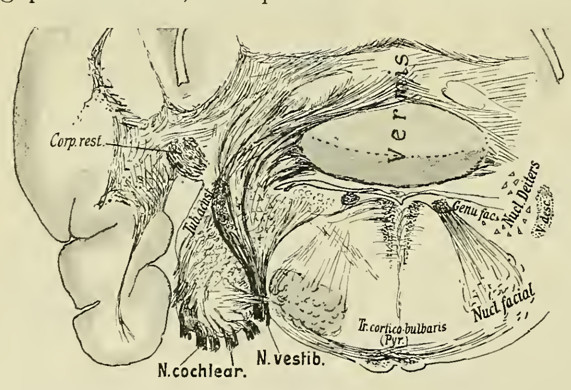


Fig. 95.

Dasselbe. Die Kreuzung der Tractus cortico-bulbares und ihr Eintritt in den Facialiskern.

1. Medial liegt das motorische Feld, die Basalteile des Vorderhornes, jetzt die Hypoglossuswurzeln aussendend, ventral findet man noch die Fortsetzung der Accessoriussäule, jetzt der Kern des intermediären Vagusbündels zum Laryngeus inferior. Auf der Grenze zum ehemaligen Hinterhorne ist der motorische dorsale Vaguskern gelegen und ihm schließen sich ganz direkt 2. die Fort-

setzungen der Hinterhörner und weiter lateral auch der Hinterstränge mit ihren Kernen an. In das Kernareal münden hier die Wurzeln des Vagus, des Glossopharyngeus und weiter vorn auch des Acusticus ein. Viele von diesen, namentlich auch der noch nlcht erwähnte Trigeminus

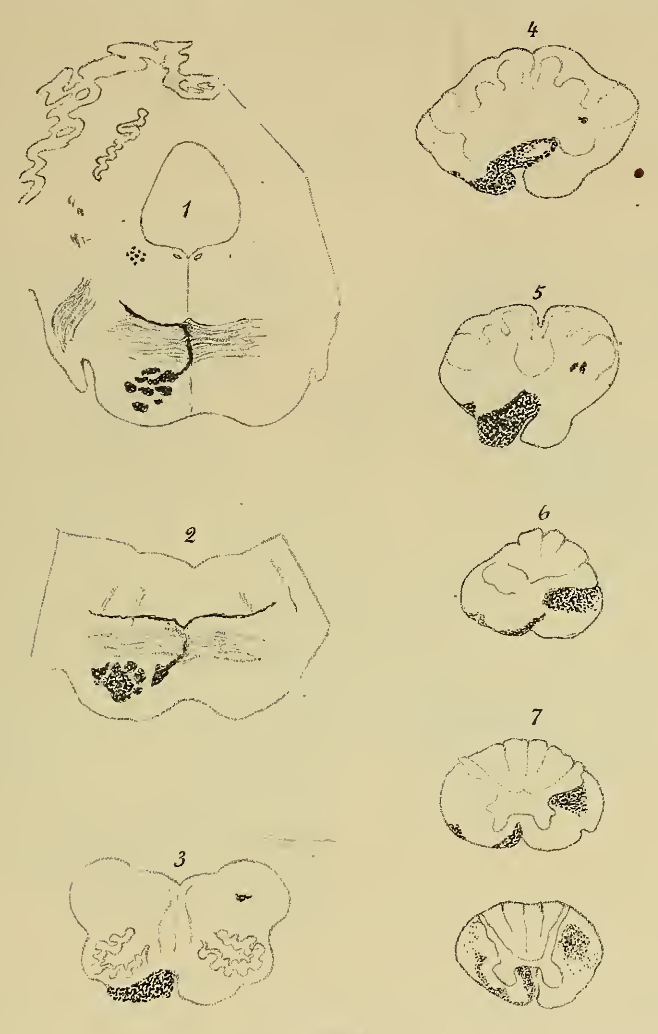


Fig. 96.

Der Gesamtverlauf des Tractus cortico-bulbaris et cortico-spinalis. Kombinierte Abbildung nach mehreren, von Stanley Barnes beschriebenen Degenerationspräparaten. 1. Aus dem Zuge sondern sich die Fasern zum Kaumuskelkerne ab. 2. Die Fasern zum Facialiskerne gehen von der Hauptmasse ab. 3. Von dem übrigbleibenden Reste hat sich ein Bündelchen — Henle-Pick-sches Bündel — rechts oben abgespalten. Dieses aber kehrt in 6. wieder zur Hauptmasse zurück. 4. und 5. Dicht vor der Kreuzung sondern sich ganz lateral die Fasern zum gleichseitigen Seitenstrange. 6. Kreuzung. Die erwähnten Seitenstrangfasern und ein Teil der Vorderstrangfasern bleibt gleichseitig, der Rest kreuzt. 7. Lage der Bündel im Halsmarke. 8. Schnitt in der Höhe des 4. Dorsalnerven.

haben hier absteigende Endkerne, die in kleinen Säulen einherziehen. Zu diesen gesellen sich noch sensorische Bahnen aus dem Cere-

bellum. Wir wollen diesen ganzen Teil als sensorisches Feld bezeichnen. Fig. 97 blau.

3. Den Außenrand der Oblongata nimmt das cerebellare Feld ein. Es enthält die Züge zwischen Rückenmark und Kleinhirn, sowie diejenigen zwischen Oblongata und Kleinhirn. Seine Fasern einen sich dicht an der Brücke zu dem Corpus restiforme.

4. Das Zentrum jeder Zeite enthält im wesentlichen den Eigenapparat, nämlich die Oliven und das Assoziationsfeld.

5. Beiderseits von der Mittellinie liegen die Verbindungsbahnen mit dem Vorderhirn, dem Zwischenhirn und dem Mittelhirn.

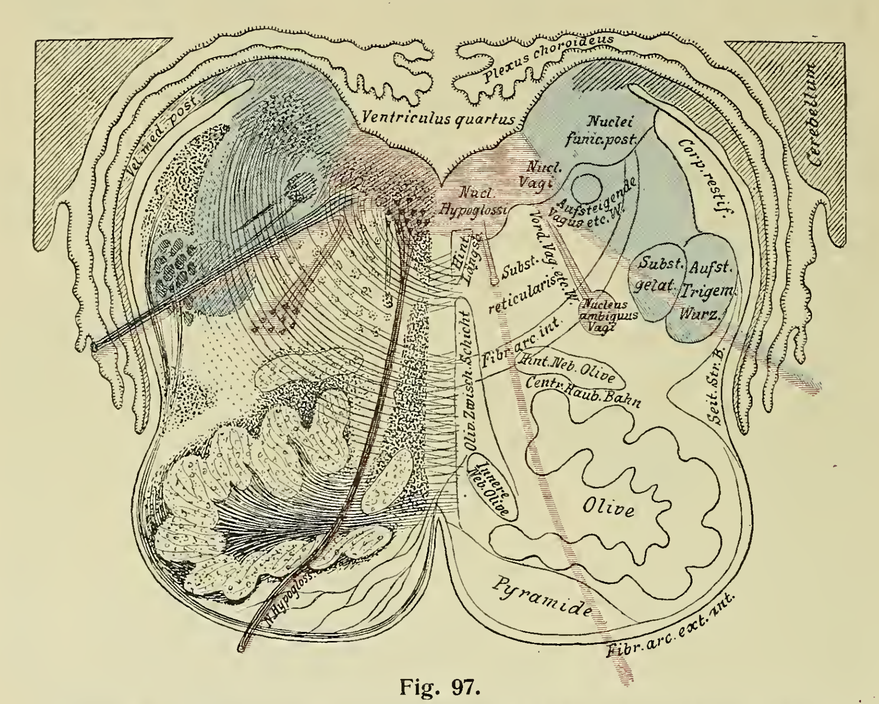


Fig. 97.

Schema der Anordnung des Oblongataquerschnittes. Pars sensoria blau, Pars motoria rot.

Wie überall im Nervensystem liegt die längste Bahn am weitesten außen. Hier sind es die Tractus cortico-spinales, die Pyramidenbahnen. Etwas dorsal von ihnen liegen die Tractus bulbo-thalamici, die Olivenzwischenschicht und von diesen dorsal finden wir noch zwei bisher nicht erwähnte, später zu beschreibende Assoziationsbahnen, den Tractus tecto-spinalis cruciatus und den Fasciculus longitudinalis dorsalis.

6. Die ganze Oblongata wird durchquert von den Fibrae arciformes internae. Sie gehören zwei ganz verschiedenen Systemen an: a) dem Verbindungszuge Hinterstrangkerne-Olivenzwischenschicht, also den Tractus bulbo-thalamici und b) dem Oliven-Kleinhirnsysteme. Zu dem ersteren Systeme wären noch kürzere Bogenfasern zu rechnen,

welche die sensiblen Kerne an ihrer ventralen Seite verlassend, ebenfalls in Bogen zum Thalamus abbiegen, nachdem sie in der Mittellinie gekreuzt haben.

7. Die Mittellinie, wo alle diese Kreuzungen stattfinden, heißt Raphe. In ihr treten auch noch Pyramidenfasern zu den motorischen Kernen und ventrale Bogenfasern auf die andere Seite, die dem Hinterstrang-Kleinhirnsystem angehören.

Nun sind Sie, glaube ich, genügend vorbereitet, um mit mir eine Reihe von Schnitten durch die Oblongata des erwachsenen Menschen

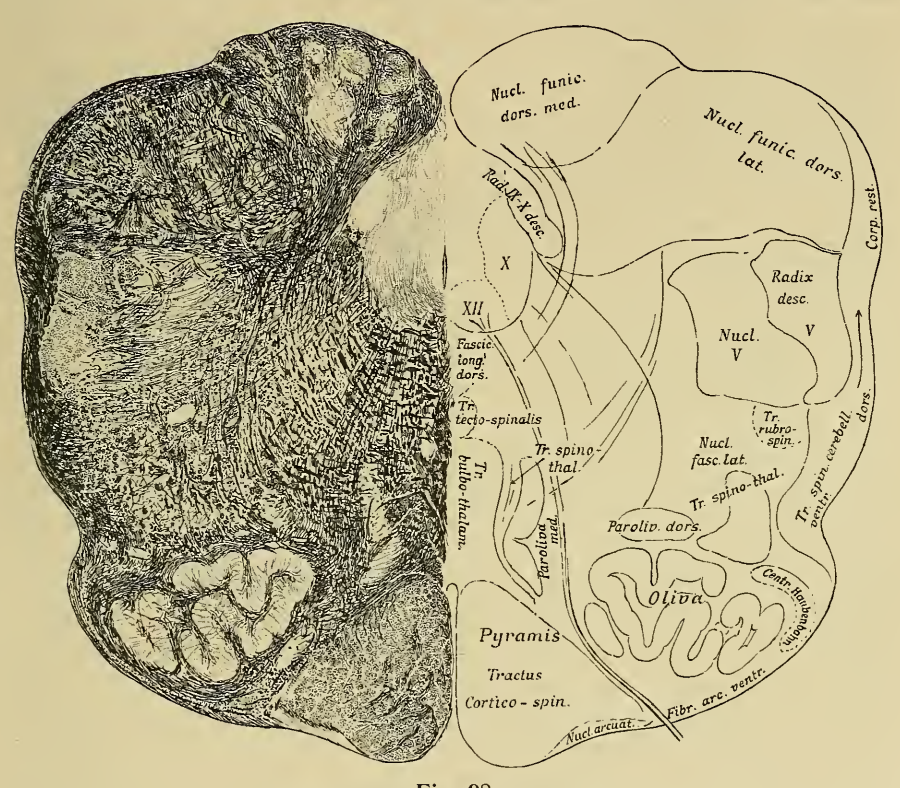


Fig. 98.

Die Oblongata dicht über der Pyramidenkreuzung.

zu studieren. Dabei wird sich Gelegenheit finden, einige wenige, bisher nicht erwähnte Gebilde und Faserungen zu besprechen.

Der erste Schnitt liegt über dem Figur 76 demonstrierten. Dorsal liegen beiderseits die mächtigen Endkerne der Hinterstränge, noch bedeckt von einigen Hinterstrangfasern. Aus ihrer ventralen Seite entwickelt sich in Bogenfasern die sekundäre kreuzende Bahn zum gekreuzten Tractus bulbo-thalamicus. Diesen sehen Sie dicht neben der Mittellinie, dorsal von den breiten Querschnitten der Pyramiden. Medial von den Hinterstrangkernen finden Sie den absteigenden Kern des sensiblen Vagus-

systemes mit den ihm anliegenden Wurzelfasern. Er liegt etwa an der Stelle, wo im Rückenmarke die Basis des Hinterhornes lag. Das Hinterhorn selbst ist im wesentlichen als Endkern des Trigeminus mit außen anliegenden absteigenden Trigeminusfasern erhalten. Weiter liegt in der grauen Substanz, die hier noch den wenig erweiterten Zentralkanal enthält, der gemischte Kern des Vagus und da, wo das Vorderhorn inserierte, der Kern des Nervus hypoglossus. Die aus ihm stammenden Wurzelfasern durchqueren die ganze Oblongata ventralwärts. Dicht ventral von den Hypoglossuskernen liegt der aus dem Mittelhirn und aus den Endstätten des Akustikus stammende Fasciculus longitudinalis dorsalis, dessen Fasern, bis weithin in den Vorderstrang des Rückenmarkes hinabziehend, verschiedene Kernhöhen usw. untereinander zu verknüpfen geeignet sind. Zwischen ihm und der breiten Schicht der Tractus bulbo-thalamici finden Sie die Fasern aus dem Mittelhirndache zum Rückenmark. Der laterale Rand wird von den Rückenmark-Kleinhirnbahnen eingenommen, von denen die dorsalere eben sich anschickt, ihre Züge dorsalwärts als Corpus restiforme dem Kleinhirne zuzusenden. Noch liegen ihr medial, ganz wie im Seitenstrange des Rückenmarkes, die Verbindungen zwischen Rückenmark und Thalamus an, doch verbreiten sich die Tractus spino-cerebellares bereits zerstreut etwas weiter medial. In dieser Gegend liegt auch der aus dem Deitersschen Kerne, einem wohl dem Vestibularisapparat angehörigen Gebilde, stammende Zug zum Rückenmarke, der Tractus vestibulo-spinalis. Von der Olive ist die kaudale Spitze eben angeschnitten, so daß das gewölbte Blatt dieses Hohlkörpers sichtbar wird. Ebenso sehen Sie die sogenannten Nebenoliven. Die Faserung lateral und dorsal von der Olive ist für den Menschen noch nicht genügend bekannt. Wir wissen nur, daß hier eine Bahn zum Vorderstrange des Rückenmarkes liegt, die in dessen marginalem Feld durch verspätete Markscheidenentwicklung auffällt — Bechterew, siehe Fig. 62 — und daß aus dem Marke um die Oliven herum die zentrale Haubenbahn aus dem Thalamus endet. Mitten zwischen all diesen Bündeln sehen Sie die zahllosen Querschnitte der langen und kurzen Verbindungsfasern, welche das Assoziationsfeld bilden. Die Zellen liegen zerstreut, einzelne größere Haufen hat man als Seitenstrangkern usw. bezeichnet. Medial von dem als Nucl. fasc. lat. bezeichneten Feldchen wären die Zellen des Nucleus ambiguus für den Laryngeus inferior vagi zu suchen. Zufällig liegen auf diesem Schnitt keine solchen.

Der nächste Schnitt sieht wesentlich anders aus. Er ist aber leicht vom vorhergehenden abzuleiten.

Die Pyramiden, die Oliven mit ihren Nebenkernen, die Tractus bulbo-thalamici zwischen ihnen, die Hypoglossuswurzeln, das Assoziationsfeld der Oblongata, sie alle gleichen im wesentlichen dem vorhin demonstrierten. Verändert hat sich in dieser Höhe wesentlich das sensorische Feld und neu aufgetreten sind die mächtigen Kleinhirn-

Olienvfasern, so daß jetzt der untere Kleinhirnstiel, das Corpus restiforme, voll konstituiert ist. Es ist die dichte Fasermasse oben außen. Sie sehen, daß aus der frontalsten Spitze der Hinterstrangkerne, die hier eben noch vom Schnitt getroffen wird, Bündel in den Kleinhirnarm ziehen, die Fibrae arcuatae externae posteriores.

Medial von dem Corpus restiforme liegt ein neues Feld feiner Querschnitte, das nur degenerativ ganz scharf von den Resten der Hinterstrangkerne zu trennen ist. Es enthält im wesentlichen Fasern, die aus dem Kleinhirne zu den Kernen der sensiblen Nerven, zum Teil



Fig. 99.

Schnitt durch die Oblongata auf der größten Breite der Olivenhöhe.

direkt in die Wurzeln hineinziehen, die direkte sensorische Kleinhirnbahn, T r a c t u s n u c l e o - c e r e b e l l a r e s.

Diese T r a c t u s n u c l e o - c e r e b e l l a r e s sind bei niederen Vertebraten viel mächtigere Bündel. Daß sie in einem feinen Netzwerk der Kerne sich zum Teil auflösen, geht unter anderem daraus hervor, daß in einem Fall vollständigen Kleinhirnmangels einer Seite die Tractus und das Kernfasernetz fehlten. Innerhalb des gleichen Querschnittfeldes liegen aber noch andere Bahnen, die absteigenden Wurzelfasern des Nervus vestibularis nämlich. Größere Zellen in ihrer Umgebung sind nach Faserbeziehung und Bedeutung noch nicht bekannt.

Außer der Kleinhirnverbindung der sensiblen Hirnnerven ist auf dem Schnitte auch diejenige, welche aus den Kernen zum Thalamus

zieht, sichtbar. Es sind die Bogenfasern dicht unter der sensiblen Kernregion. Die hier erkennbaren stammen aus dem Vagusbezirke.

Der große dreieckige Kern medial von dem erwähnten Feld gehört schon dem Vestibularis an, den wir in der nächsten Vorlesung

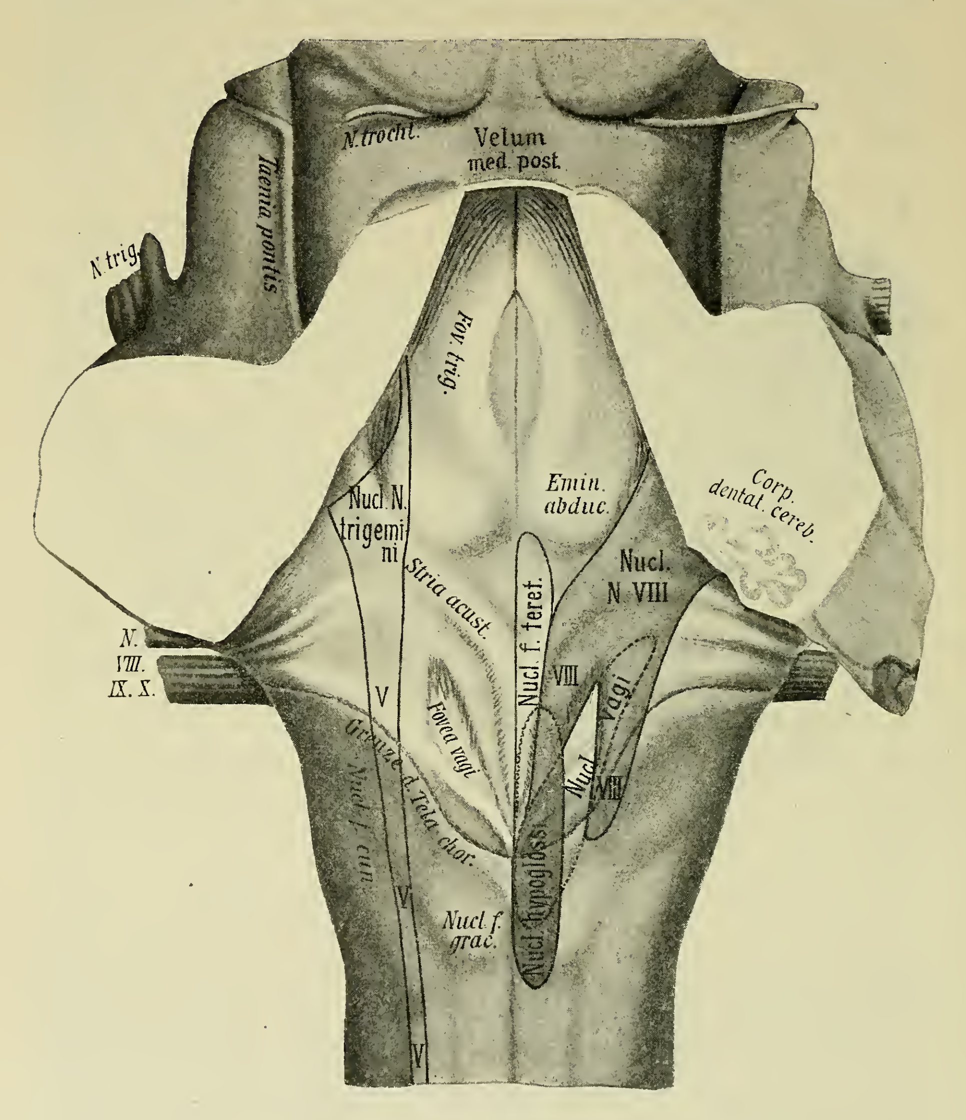


Fig. 100.

Der Boden der Rautengrube. Die Kernlängen an Schnitten kontrolliert, nach Streeter etwas modifiziert.

näher kennen lernen werden. Wieder etwas weiter medial liegt, zum Teil in die Tiefe bereits versenkt, der Vaguskern und der Kern der absteigenden Vagusgruppe, deren dickes Wurzelbündel sofort auffällt. Auf diesem Schnitte versteht man, warum es früher Tractus solitarius

genannt wurde. Ganz medial finden Sie den Hypoglossuskern wieder dem ventral sein Nebenkern anliegt. Er ist, wie Sie sich erinnern, von dem Netz feiner Assoziationsfasern bedeckt.

Man kann in der Verlängerung des Hypoglossusnetzes hirnwärts, also dicht unter dem Ventrikelepithel, jederseits ein geflechtartiges Bündel markhaltiger Nervenfasern nachweisen, aus dem Fäserchen ventralwärts (zu den Kernen der Nerven) abgehen. Dies Bündel liegt in der Oblongata zwischen Vaguskern und Eminentia teres. Es ist bis in die Vierhügelgegend hinauf verfolgbar, wo es unter die Faserzüge des zentralen Höhlengraues gerät. Schütz.

Dorsal und medial von dem Hypoglossuskern taucht ein neuer kleiner Kern auf, der Nucleus funiculi teretis, eine bis in das kaudale Brückengebiet nachweisbare Kernsäule ganz unbekannter Bedeutung. Nur, daß sie einen Zuzug aus dem Kleinhirn enthält, weiß ich aus jenem Falle von Kleinhirnschwund, den ich erwähnte.

Der Laryngeuskern, der Nucleus ambiguus vagi, ist sichtbar, auch einige seiner Wurzelfasern, deren Verlauf das Schema rechts andeutet.

Bemerken Sie noch einige Zellen des Assoziationsfeldes, den Seitenstrangkern dorsal von der rechten Olive, die Nuclei arciformes und schließlich die Zellen in der Mittellinie, die man als Nucleus der Raphe zusammenfaßt.

Ganz lateral liegt das gemischte Seitenstrangbündel, welches die Tractus spino-cerebellares ventrales, die Tractus spino-thalamici und spino-tectales enthält. Dorsal von ihm liegt der Tractus rubro-thalamo-spinalis. Ihm sind hier die Fasern des Tractus vestibulo-spinalis beigemengt.

Man kann, wenn man den Boden der Rautengrube sorgfältig betrachtet, einen Teil dieser Kerne ganz gut sehen. Dr. Streeter hat unter meinen Augen einen Vergleich der Bodenformation mit Serienschnitten vorgenommen. Dieser Arbeit entstammt die vorstehende Zeichnung. Der Hypoglossuskern ist zum größten Teil nicht sichtbar, weil er im kaudalen Abschnitt noch von dorsalem Rückenmarkgrau bedeckt ist. Das gleiche gilt vom Vaguskern. Dieser verschwindet aber auch frontal unter dem Grau des Vestibulariskernes. Was von ihm sichtbar ist, bildet ein rautenförmiges graues Feld, die Ala cinerea oder Fovea vagi.

Zwölfte Vorlesung.

Der Ursprung des Acusticus, Facialis, Aducens und Trigeminus. Das dorsale Längsbündel.

M. H.! Wenn Sie einen Blick auf die nachstehende Figur werfen, dann erkennen Sie, daß am frontalen Ende der Oblongata, da, wo die Pyramiden von mächtigen zum Kleinhirn ziehenden Fasern überdeckt werden, ganz besonders komplizierte Verhältnisse vorliegen müssen. Vier starke Nerven gehen jederseits ab, das Kleinhirn tritt mit seiner

Faserung auf, die Oliven enden. Lassen Sie uns einen Schnitt dicht kaudal von der Brücke anlegen und zusehen, wie sich hier die Lageverhältnisse gestalten. Ich wähle, weil die Verhältnisse einfacher sind, eine Oblongata vom Neugeborenen (Fig. 102).

Die marklosen Pyramiden ventral, die bereits markhaltige Schicht der Tractus bulbo-spinales kennen Sie bereits, auch die dorsalen Längsbündel und das hier gut sichtbare Feld des Tractus tecto-spinalis, ebenso die Quintuswurzel sind Ihnen bekannt. Im sensiblen Felde ist der Endkern des Vestibularis und die ventral und lateral von ihm liegende absteigende Akustikuswurzel mit dem Tractus nucleo-cerebellaris schon auf dem letzten Schnitte sichtbar gewesen. Vagus und Hypoglossuskern sind verschwunden, der Vestibulariskern und medial von ihm der Nucleus funiculi teretis nehmen ihren Raum nun ein. Da, wo kaudal der Laryngeuskern, Nucleus ambiguus vagi, gelegen hat, ist eine stärkere Zellgruppe aufgetreten. Die ihr dorsalwärts entströmenden Fasern gehören dem Nervus facialis an. Alle sind nahe dem Rautengrubenboden abgeschnitten, weil sie hier horizontal abbiegen, um weiter vorn scharf ventral zu der Wurzel zu ziehen, die Sie dicht vor der Brücke austreten sehen. Lateral von der Vestibulariswurzel erkennen Sie das Corpus restiforme. Seine Olivenbahnen sind noch marklos und nur im Zentrum sehen Sie als markhaltige Bahn den Tractus spino-cerebellaris dorsalis zum Kleinhirne ziehen. Der analoge ventrale Zug bleibt, wo er weiter hinten schon war, lateral von der Olive liegen. Zwischen dem Kleinhirn und dem Corpus restiforme ist eine ganz neue Bildung aufgetreten. Ein mächtiger Kern nimmt hier Wurzelfasern auf. Es ist der Nucleus nervi cochlearis. Zusammen mit der grauen Masse, die sich von ihm aus dorsalwärts erstreckt, wird er als Tuberculum acusticum bezeichnet, weil er, wie Sie sehen, zwischen Kleinhirn und Hörnervenwurzel einen wahren Höcker

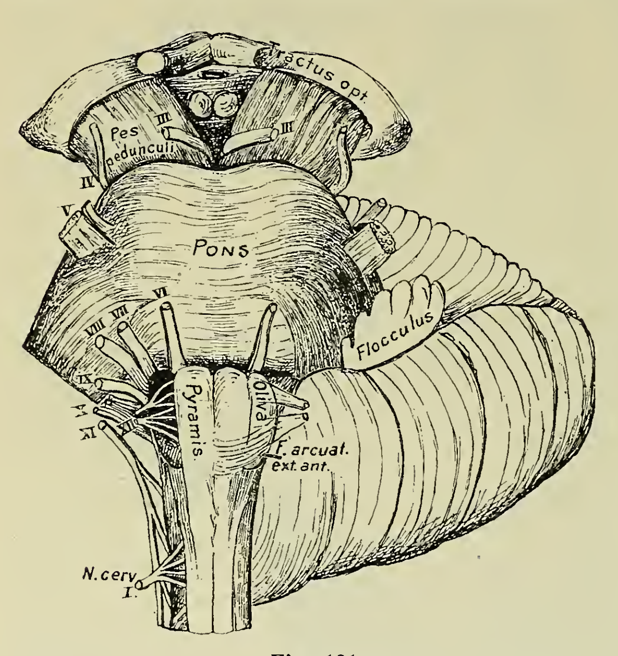


Fig. 101.
Ventrale Ansicht der Oblongata, des Pons, des Cerebellums und der Hirnschenkel.

bildet. Der Einfachheit halber ist der Teil des Kleinhirnes, welcher hier bereits die Rautengrube bedeckt, abgeschnitten.

Die Endigung des Nervus acusticus im Gehirn.

Der achte Hirnnerv besteht aus zwei Nerven, für die bekanntlich verschiedene Funktion nachgewiesen ist. Es ist deshalb der Vorschlag gemacht worden, die beiden Bündel — Nervus cochleae und Nervus vestibuli — ganz zu trennen und den ersteren allein als Hörnerven, den anderen als Tonusnerven (Ewald) zu bezeichnen.

Der Nervus cochleae entspringt aus den Zellen des

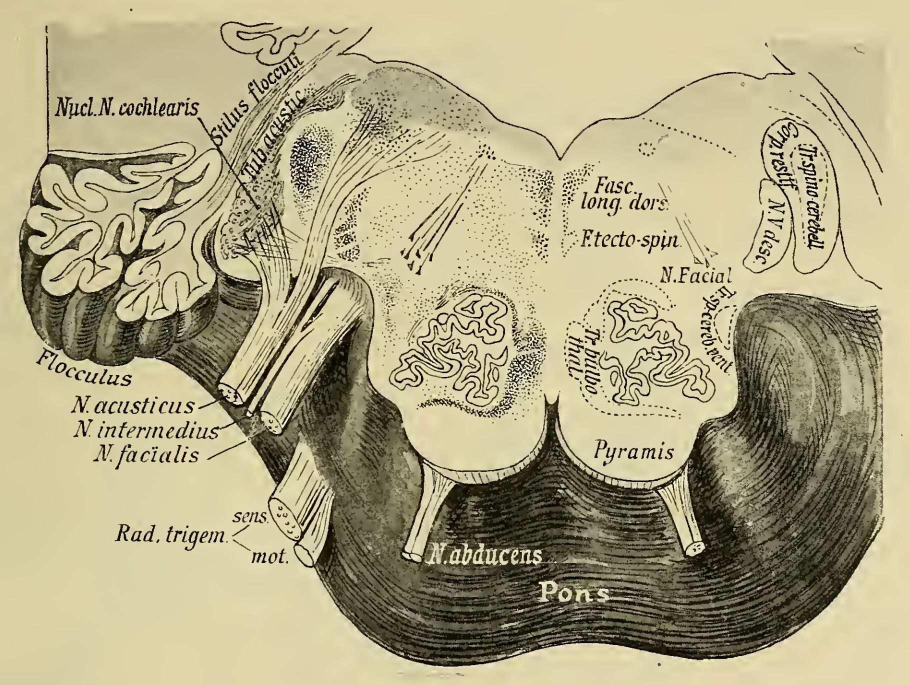


Fig. 102.

Schnitt durch die Oblongata, dicht kaudal von der Brücke. Kerne und Wurzeln des Facialis und des Acusticus.

Ganglion spirale der Schnecke. Diese Zellen senden peripher einen feinen Ast aus, der sich rasch zwischen den Hörzellen aufzweigt, Fig. 21, während zentralwärts, analog der hinteren Wurzel aus den Spinalganglien zum Rückenmark, die Hörnervenwurzel, eben der Nervus cochleae, abgeht.

Seine Fasern treten alle in den großzelligen Cochleariskern und in dessen dorsale Verlängerung ein, wo sie um die Zellen in feinen Pinseln aufsplittern. Das Grau dorsal von dem Kern ist bei den meisten Tieren so mächtig, daß man früher ihm allein den Namen Tuberculum acusticum gegeben hat, den Cochleariskern bezeichnen alle älteren Bücher als Nucleus acustici ventralis, auch als Nucl. anterior.

Die Wurzeln aus dem Tuberculum acusticum müssen, wie Fig. 102

zeigt, das Corpus restiforme dorsal umfassen. In der Tat erkennt man schon auf einem nicht vergrößerten Schnitte, daß dieses von einer mächtigen weißen Fasermasse überzogen ist. Diese setzt sich zusammen aus den Wurzelfasern und aus Zügen zentraler Herkunft, welche in das Tuberculum acusticum eintauchen. Sie stammen von der gekreuzten Seite, wahrscheinlich aus dem Mittelhirn, können aber bisher von den Akustikusendstätten nur bis zu der Raphe mit einiger Sicherheit verfolgt werden. Auf ihrem Wege dahin überziehen sie die Oberfläche der Rautengrube in mächtigen Strängen. Striae acusticae. (Fig. 100).

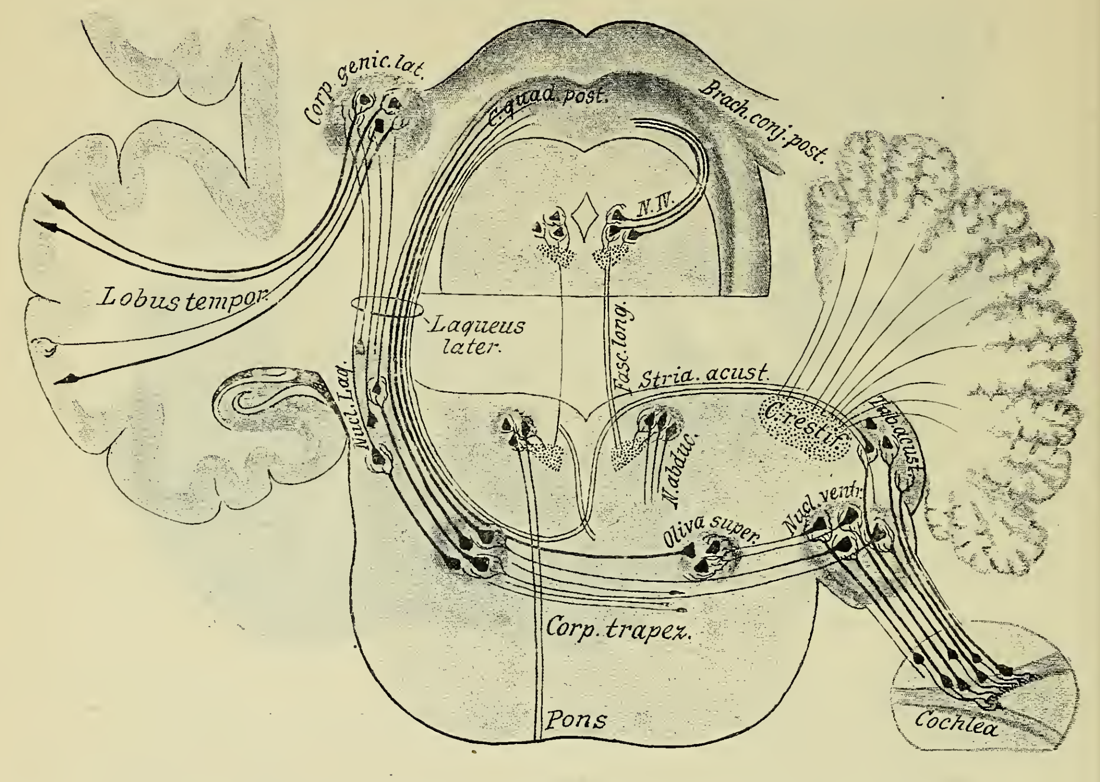


Fig. 103.

Schema des Cochlearisverlaufes. Möglichst vereinfacht, nur das wichtigste aufgenommen. Bei doppelläufigen Bahnen z. B. nur eine Faserkategorie angegeben.

Jedenfalls findet der Hörnerv sein erstes Ende in den beiden grauen Massen. Schneidet man ihn am erwachsenen Hunde durch — Ewald hat mir solche Präparate hergestellt — so entartet nur die Wurzel ganz, der Kern selbst nicht wesentlich und die Faserung aus ihm gar nicht.

Die eintretende Cochleariswurzel teilt sich in den stärkeren Ast für das Ganglion ventrale und das Tuberculum acusticum und in den dünneren zu dem absteigenden Akustikusgebiete. Die erstgenannten Fasern bilden sehr mächtige dicke Endbecher (Held) um die Zellen des ventralen Kernes, die letztgenannten splittern zu sehr viel feineren Fäserchen auf (S. Ramon y Cajal).

Die primäre Hörnervenbahn geht also von dem Ganglion spirale cochleae bis in die beiden Kerne des Tuberculum acusticum.

Hier entspringt die sekundäre Hörbahn.

Die Zellen des Nucleus ventralis senden ihre Achsenzylinder medialwärts, wo man sie als starken Zug geschlossen aus dem Kerne austreten sieht. Die Zug heißt Corpus trapezoideum. Er liegt direkt dorsal von der Brückenfaserung und wird bei den Tieren, weil ihre Brücke kürzer als die des Menschen ist, frei an der Hirnbasis sichtbar. Siehe Fig. 104.

Mitten in den Trapezkörper sind überall große Zellen, Nucleus trapezoideus, Kölliker, eingelagert, die ihre Achsenzylinder in gleiche Richtung wie die dicken Trapezfasern aus dem Cochleariskerne senden. Die ganze, nicht unbeträchtliche Fasermasse zieht zu einer kleinen Gruppe von Ganglien, dem Nucleus olivaris superior, und zwar sowohl auf der gleichen Seite, als auch nach Überschreiten der Mittellinie zu demjenigen der gekreuzten Seite (Fig. 103). Hier scheint das zweite Neuron der Hörnervenbahn zu enden. Wenigstens habe ich an einem Hund, welchem die Schnecke exstirpiert war, mit der Osmiumchrommethode keine einzige degenerierte Faser weiter hirnwärts verfolgen können.

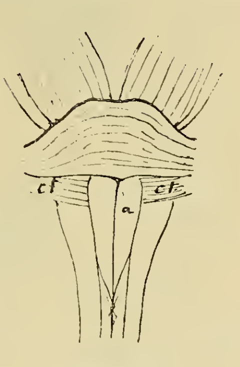


Fig. 104.
Medulla oblongata und Pons eines Affen, zur Demonstration des Corpus trapezoideum *ct*. *a* Pyramiden.

In die obere Olive treten mit massenhaften Endverzweigungen Fasern aus dem Vierhügeldache, Tractus tecto-olivares. Wahrscheinlich entspringen aus ihren Zellen auch Fasern, die zum Vierhügeldache ziehen, Tractus olivo-tectales. Diese Faserung aus den Oliven zu dem Vierhügeldache, ganz besonders zu dem Ganglion des kaudalen Hügels, ist die Hörbahn dritter Ordnung. Man bezeichnet sie seit langem als laterale oder Vierhügelschleife, auch als untere Schleife, weil die Fasern, wenn sie an der Seite der Oblongata frei zutage treten, sich gleich in schleifenförmigem Zuge hinauf zu den Vierhügeln wenden.

Degenerationsbilder — Bumm, Baginski — lassen es als wahrscheinlich erscheinen, daß nicht nur die hier herabsteigenden Schleifenfasern massenhaft Kollaterale um den oberen Olivenkern abgeben, sondern daß auch aus diesem selbst, aus dem Trapezkörper und aus den später noch zu schildernden Striae acusticae zahlreiche Züge hier in die Schleife eintreten und mit ihr hinauf bis zu den hinteren Hügeln ziehen. Dazu würden sich noch Fasern gesellen, die in den Kernen entspringen, welche in die laterale Schleife dicht hinter den Vierhügeln (siehe Fig. 154, außen) eingelagert sind. Die laterale Schleife enthielte dementsprechend im wesentlichen zahlreiche Neurone aus den, wohl tertiären, Akustikusendstätten.

Wenn die erste Abteilung des Cochlearis durch Vermittlung des Corpus trapezoideum und der oberen Oliven mit der Schleife in Verbindung getreten ist, so ist das für die im Tuberculum endende Bahn anders. Diese sendet ihre Züge wahrscheinlich direkt in die sekundäre Akustikusbahn hinein, in die gekreuzte Schleife, und diese Fasern sind eben die Striae acusticae. Verfolgen wir den Verlauf noch einmal etwas genauer topographisch (Fig. 100).

Die Striae acusticae tauchen an ganz verschiedenen Stellen aus der Raphe am Rautengrubenboden auf, sie haben deshalb verschieden langen Verlauf schräg über den Ventrikelboden weg zu dem Tuberculum acusticum. Einem besonders langen, ganz frontal auftauchenden Bündel hat Bergmann den Namen Klangstab gegeben.

Die Striae enden in dem Tuberculum acusticum, das zwischen Brücke und Kleinhirn liegt, zu kleinerem Teile übrigens auch in dem großen Cochleariskerne (Nucleus ventralis unserer Abbildungen). Sie ziehen, indem sie das Corpus restiforme lateral umgreifen, dicht unter dem Ependym des Ventrikels medialwärts. Nahe der Raphe senken sie sich in die Tiefe, und indem sie sich innerhalb der Raphe selbst etwas frontalwärts wenden und diese schließlich überschreiten, gelangen sie auf die gekreuzte Seite, wo sie sich der lateralen Schleife anchließen, deren Volum beträchtlich vermehrend.

Monakow sah die Striae atrophieren, als er hoch oben an den Vierhügeln die gekreuzte laterale Schleife zerstörte. Bumm und Baginsky sahen sie nach Zerstörung der Schnecke aufsteigend ebendahin entarten, also vierhügelwärts. Die laterale Schleife muß also Bahnen von zweierlei Verlaufsrichtung enthalten.

Sie erkennen als das wichtigste an diesen etwas komplizierten Verhältnissen, daß der Nervus cochlearis, nachdem er einmal im Cochleariskerne und im Tuberculum acusticum geendet hat, seine weiteren Bahnen zu den hinteren Hügeln sendet. Sie verlaufen auf dem Wege der lateralen Schleifenfaserung. Doch geht nur ein Teil direkt via Striae in die Schleife, ein zweiter, recht beträchtlicher, endet zunächst in den oberen Oliven, die er durch das Corpus trapezoideum erreicht, und erst von da entspringt die Schleifenbahn, die sich dann mit derjenigen aus den Striae acusticae vereint.

Um die Kerne des Trapezkörpers und um diejenigen der oberen Olive verzweigen sich zahllose Achsenzylinder, die sie zum Teile in eigentümlichen breitfaserigen, becherförmigen Geflechten so umfassen, daß es aussieht, als läge jede Zelle in einem breiten vieldurchbrochenen Becher. Über diese „Heldschen Becher“, über ihre Beziehungen zum intra- und perizellulären Netze ist deshalb viel gearbeitet worden, weil es scheint, als wäre an dieser Stelle des Nervensystems eine besonders gute Gelegenheit, einmal das Wesen von Zell- und Achsenzylinder-

zusammenhang, die Beziehungen der Neurone zueinander zu erkennen. Siehe oben Seite 30.

Daß Fasern hier enden, ist sicher, aber ganz unbekannt ist, woher sie kommen. Nach einer ansprechenden Vermutung von S. Ramon y Cajal handelt es sich um Fasern aus dem Assoziationsfelde, welche eine indirekte Verbindung kaudal- und frontalwärts herzustellen geeignet sind. Dann hätten wir in den komplizierten Anordnungen hier am kaudalen Brückenrande einen Apparat, der die allermannigfachsten Faserbeziehungen hätte, zum Hörnerven, zum Vierhügeldache, zur Oblongata und zum Rückenmarke.

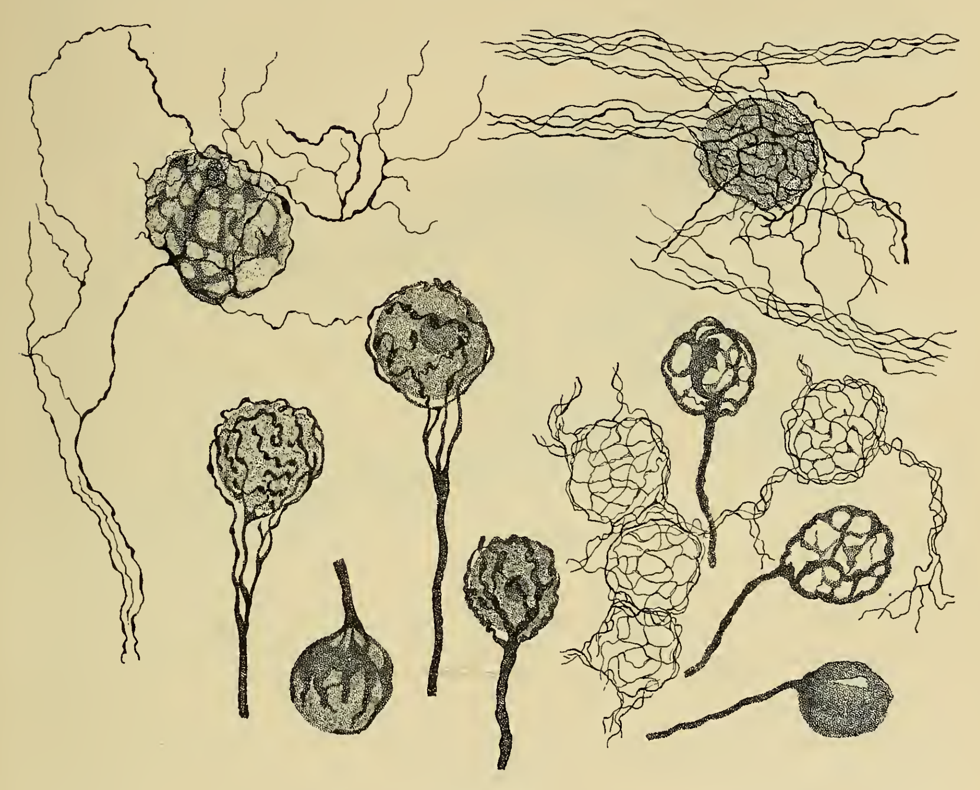


Fig. 105.

Nach Veratti. Körbe verschiedener Art um die Zellen des. Trapezkörpers.

Die oberen Oliven, welche so in die zentrale Hörnervenfaserung eingeschaltet sind, müssen wichtige Zentren darstellen. Ihre Konstanz durch die ganze Säugerreihe, ihre oft mächtige Entwicklung und vor allem die zahlreichen Fasern, welche zu ihnen in Beziehung treten, sprechen dafür. Es sind darunter Züge aus dem Cerebellum, die noch wenig bekannt sind, und ein mächtiger, auf Fig. 106 gut sichtbarer Zug zu dem Kerne des Nervus abducens. Da in ebendiesem Kerne aber Fasern enden, welche durch das dorsale Längsbündel zu den anderen Augenmuskelkernen und in den Thalamus gelangen, so besteht hier offen-

bar ein zusammengehöriger, wohl organisierter Apparat, der wohl einmal experimentelle Durcharbeitung verdiente. Weil aber der Zug bei der Blindmaus nach Frankl-Hochwart vorhanden ist, trotzdem die Abduzenskerne fehlen, kann er nicht zu diesen allein in Beziehung stehen.

Viel weniger gut als der Nervus cochlearis ist der andere Zweig des Nervus octavus, der Nervus vestibularis bekannt.

Er stammt aus Ganglienzellen, welche im Labyrinth und auch noch

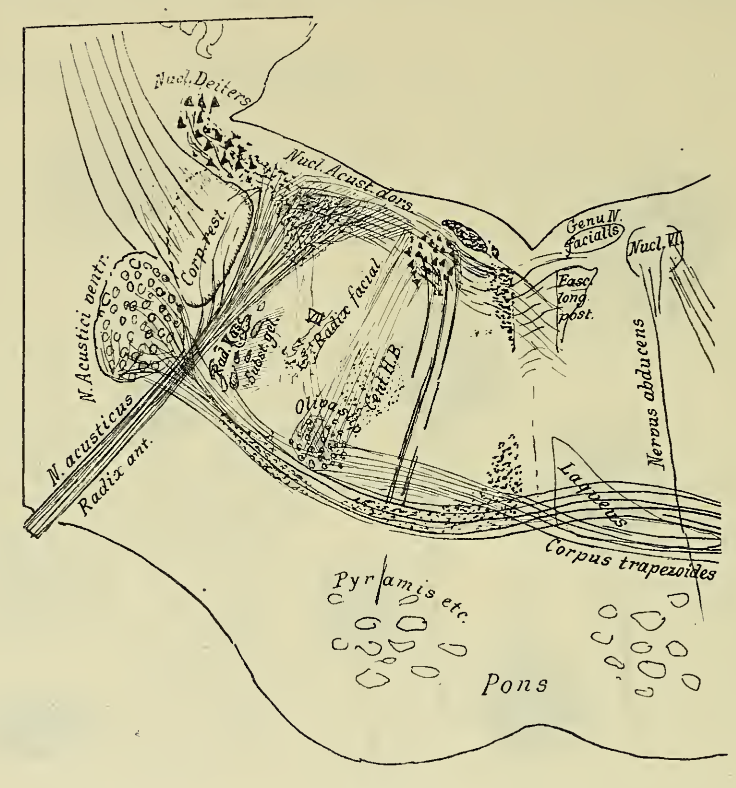


Fig. 106.

Schnitt in der Gegend des Abducensursprunges. Ursprung des N. vestibularis.

innerhalb des Nervenverlaufes liegen. Diese senden einen Zweig hinein zum Epithel der Sinnesapparate in den Ampullen, wo er sich außerordentlich fein um die Epithelzellenbasis herum aufzweigt, und einen zweiten hinaus in den Nerven.

Von den beiden zum Akustikus zusammentretenden Bündeln ist der Vestibularis das frontalere. Er tritt, medial vom Corpus restiforme und der aufsteigenden Quintuswurzel, durch die Oblongata dorsalwärts, dem Bodengrau zu. Ein. Teil seiner Fasern endet da in dem dorsalen Kerne mit Endaufzweigungen. Diese Fasern aber senden, ganz wie die in die Hinterstränge eintretenden Wurzeln der sensiblen

Nerven, ehe sie im Grau sich aufsplittern, Fasern in kaudaler Richtung, absteigende Akustikuswurzeln (Roller).

Der Nucleus dorsalis — Nucleus N. vestibularis — ist ein langgestreckter Körper von etwa prismatischem Querschnitte, der schon in den kaudalen Ebenen auftritt, wo die vorderen Vaguswurzeln abgehen (s. Fig. 100). Er nimmt an seiner ventralen Seite die Wurzelfasern auf und entsendet Bahnen, teils in das Cerebellum, teils in die obere Olive. Von der Kernmasse kann ein dünnes Stück langhin rückwärts bis fast an die Hinterstrangkerne verfolgt werden. Dieser absteigende vestibuläre Kern nimmt die zerstreuten absteigenden Wurzelfasern, welche ich schon in Figur 99 demonstriert habe, auf. Auch zu ihm treten als Züge der „direkten sensorischen Kleinhirnbahn" cerebellare Fasern.

Ein großer Teil des Vestibularis endet im Kleinhirne selbst. Hier liegt mitten in dem Ventrikeldache, also in dem Wurme des Kleinhirnes, ganz ventral eine mächtige mehrgeteilte Kernmasse. Man bezeichnet ihren lateralen Abschnitt als Bechterewschen Kern, den medialen als Nucleus tegmenti. Sicher enden im ersteren, wahrscheinlich auch im zweiten Vestibularisfasern.

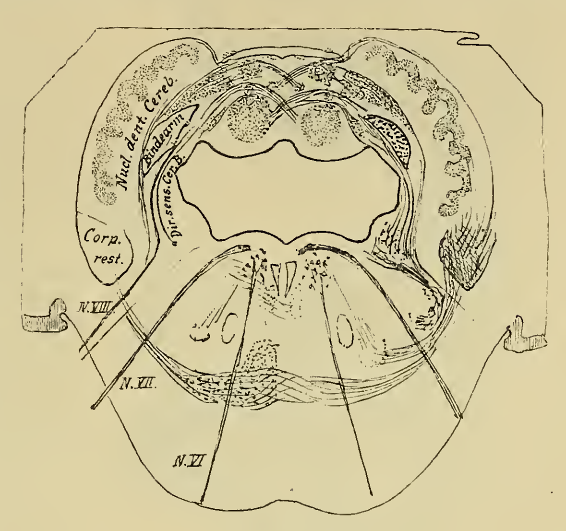


Fig. 107.
Die Endigung des Vestibularis. Schnitt durch die Austrittsstelle des Nervus facialis und des N. abducens.

Der Nervus vestibularis stammt also aus dem Ganglion labyrinthi und endet mindestens an drei Stellen, in dem breiten dorsalen Kerne, in dem spinalwärts absteigenden Wurzelfelde und in dem ventralen Wurme.

Seine sekundären Bahnen zum Mittelhirn sind wenig bekannt, wenn wir absehen von dem wohl konstatierten Zuge zu den oberen Oliven.

Aber der mächtige Nerv für den Tonus der Muskulatur und für die Aufrechterhaltung unseres Gleichgewichtes hat ausgedehnte Beziehungen zu einem anderen Fasersysteme, das dicht an seiner Eintrittsstelle entspringt, zu dem

System des Deitersschen Kernes.

Lateral vom Nucleus N. acustici dorsalis liegt das Feld der direkten sensorischen Kleinhirnbahn. Die Bahn wendet sich in dieser Höhe als innere Abteilung des Corpus restiforme kleinhirnwärts. Hier

liegt der Deiterssche Kern in sie eingebettet, der reichlich von Kollateralen aus den Vestibularisfasern durchzogen ist (Fig. 106).

Der Deiterssche Kern besteht zum größten Teile aus sehr großen multipolaren Zellen. Diese senden ihre Achsenzylinder nach ganz verschiedenen Gegenden. Ein Teil, der Tractus vestibulo-spinalis, gelangt bis hinab in die Vorderseitenstränge des Rückenmarkes, Monakow, und tritt dort wahrscheinlich zum Ursprung des motorischen Nervenapparates in Beziehung, ein anderer aber zieht nicht wie der erste kaudalwärts, sondern medialwärts dicht unter dem Boden des Ventrikels bis fast an die Raphe der Oblongata. Dort schließt er sich den auf- und absteigenden Bahnen des dorsalen Längsbündels an, S. Ramon y Cajal. Dieses Bündel besteht in dieser Höhe wesentlich aus Bahnen, welche die Augenmuskelkerne untereinander und mit dem Rückenmark verknüpfen. Das gleichseitige und das gekreuzte Längsbündel sollen Fasern aus dem Deiterschen Kerne erhalten.

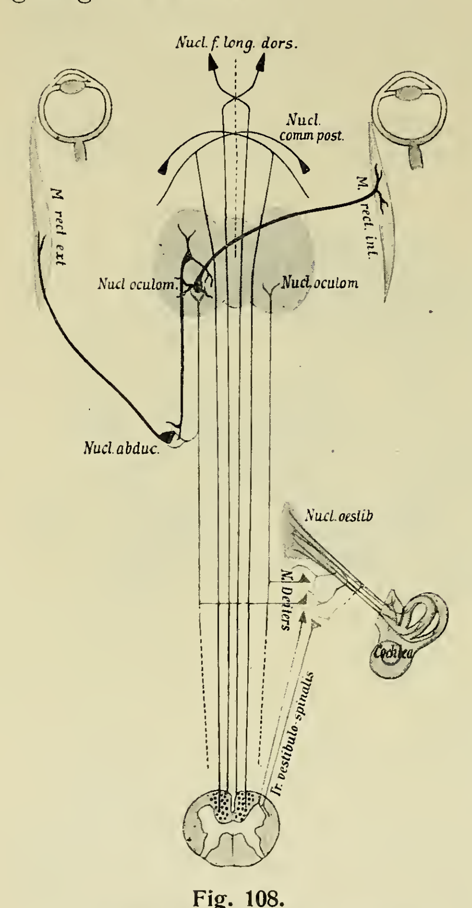


Fig. 108.
Schema der Verbindungen des Deitersschen Kernes und des dorsalen Längsbündels, zum Teil nach A. Bruce.

Man sieht, der Apparat, welcher sein Zentrum in jenem großen Kerne findet, ist ein großer und wichtiger. Verbindet er doch Teile der Wurmrinde und Kleinhirnkerne mit Zentren für den statischen Nerven und mit solchen, welche der Augenstellung dienen. Man wird deshalb annehmen dürfen, daß er für die Körperhaltung und die Zusammenordnung der statischen Funktionen von besonderer Wichtigkeit ist.

Der Deiterssche Kern wurde, weil er von den Vestibularisfasern erreicht wird, früher immer für einen Hörnervenkern gehalten. Vielleicht gehört er in der Tat teilweise zu den Kernen des achten Nerven, aber sicher tritt die Mehrzahl der Cerebellarfasern des Akustikus nur durch den Deitersschen Kern hindurch, ihn allerdings mit aufgezweigten Kollateralen durchspinnend.

Der Kern ist durch ein System feiner Fasern mit dem medialwärts von ihm liegenden Dachkerne verbunden. Diese Fasern verlaufen innerhalb des

Zuges der cerebello-nuclearen Fasern und sind erst neuerdings durch Degenerationsversuche von diesen getrennt worden. Der Dachkern seinerseits ist wieder mit der über ihm liegenden Wurmrinde verknüpft. Die Bedeutung, welche man dieser Anordnung für den Gleichgewichts- und Tonusapparat des Körpers beilegen muß, erhellt aus dem Schema Fig. 108.

Die Ursprungsverhältnisse des Akustikus, die lange dunkel waren, sind in den letzten Jahren durch verschiedene Forscher untersucht worden, die nicht alle zu den gleichen Resultaten gelangten, wie sie hier wesentlich auf Grund eigener Untersuchungen vorgetragen werden. Der Verfasser und Freud, welche an menschlichen Früchten untersuchten, kamen zu wesentlich gleichen Resultaten; Bechterew und Flechsig bestreiten, daß die vordere Wurzel, der Vestibularis, aus dem dorsalen Kerne stamme, lassen sie vielmehr wesentlich von Zellen in der Nachbarschaft des Deitersschen Kernes und aus den Kernen im Kleinhirnwurm stammen. Der Ursprung der hinteren Wurzel, des Cochlearis, aus dem ventralen Kerne wird von allen Seiten zugegeben. Dieser Kern wird auch nach Ausreißung der Hörnerven atrophisch (Forel, Onufrowics, Baginsky). Eine sehr genaue Durcharbeitung des ganzen Apparates verdanken wir Kölliker.

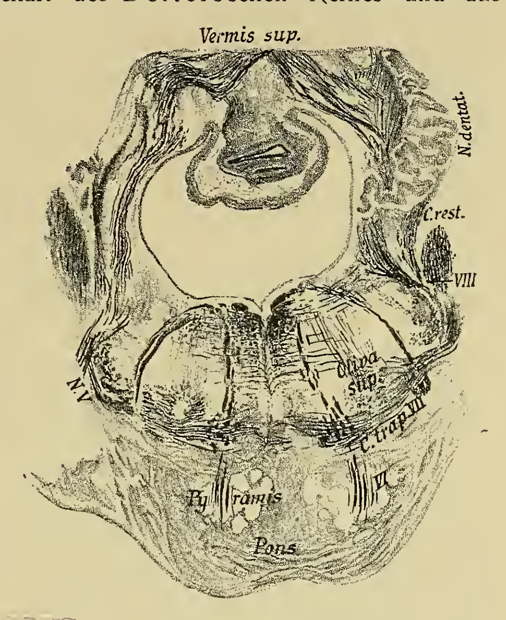


Fig. 109.

Kaudale Brücke des Neugeborenen. Wurzeln des Facialis, Wurzeln des Abducens, Corpus trapezoides.

Die für unsere Auffassung des Akustikus so wichtige Endverzweigung im Ohre, die Beziehungen der dort liegenden Ganglienzellen sind von Retzius und Gehuchten studiert worden. Für das feinere Detail der Aufsplitterung in den einzelnen Kernen bin ich wesentlich den Angaben von Held gefolgt, dessen auf die früheren Untersuchungen gestützte, wesentlich mit der Golgimethode ausgeführte A beit durch eine experimentelle Studie von Bumm vielfach bestätigt wird. Viel neues Detail haben dann die Untersuchungen von S. Ramon y Cajal gebracht.

In den Schnittebenen, welche den ventralen Akustikuskern enthielten, ist auch

Der motorische Kern des Nervus facialis

bereits sichtbar (Fig. 106). Er besteht aus einer langen Reihe von zu Gruppen angeordneten Zellen. Aus derselben entströmen fortwährend Fasern dorsalwärts. Sie sammeln sich allmählich zu einem kräftigen Bündel, das, unter dem Boden des Ventrikels angelangt, plötzlich eine scharfe Wendung in frontaler Richtung macht, um dann ebenso scharf abbiegend sich ventralwärts nach der Aussenseite der Oblongata zu wenden. Die Facialiswurzel macht also ein doppeltes Knie. Siehe Figg. 107, 109, 110. In dieses Knie ist der Kern des Abducens eingelagert.

Dem Stamme der Facialwurzel schließen sich Fäserchen aus der aufsteigenden Trigeminuswurzel an. Der Facialiskern innerviert den ganzen Facialis, auch den Ast für den Orbicularis oculi. Die zu ihm tretende Rindenbahn ist einheitlich, aber innerhalb des Cortex selbst muß irgendwie eine Trennung derart stattfinden, daß die Stirnäste aus einem dorsaler gelegenen Rindengebiete stammen als die Äste für die unteren Zweige. Bekanntlich bleibt bei den vom Großhirn ausgehenden Hemiplegien meist der Stirnfacialis von Lähmung frei.

Mitten zwischen Facialis und Akustikuswurzel tritt (Fig. 102)

Die Portio intermedia Wrisbergi

an die Hirnoberfläche. Dieser wesentlich zur Chorda tympani gelangende Faserzug besteht aus einem sensiblen Anteil, dessen Ursprung im großen Geschmackkerne S. 146 geschildert wurde und aus einem solchen, der aus großen Zellen entspringend, wahrscheinlich identisch mit demjenigen ist, dessen Reizung innerhalb der Chorda die Speicheldrüsensekretion auslöst. Kohnstamm hat den Ursprung dieser Fasern entdeckt, als er nach Durchschneidung der Chorda große Zellen entarten sah, die gleichseitig und gekreuzt in geringer Menge dorsal von den Facialis kernen liegen. Der Nucleus salivatorius zerfällt in diese frontale Gruppe und in eine kaudale, die zum Teil ihre Achsenzylinder via Glossopharyngeus — beim Kaninchen — hinaussenden soll. Die letztere liegt zwischen Oliva inferior und Nucleus ambiguus und hat etwas kleinere Zellen.

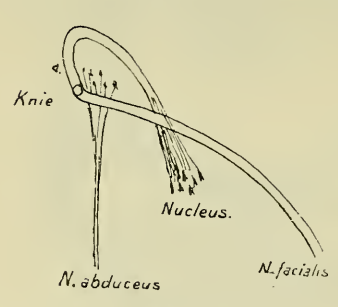


Fig. 110.
Schema des zentralen Verlaufes des N. facialis und des N. abducens.

Die Reflexbahn der Speichelabsonderung wäre in den zahlreichen feinen Fäserchen zu suchen, welche sich zwischen diesen Kernen und der ganz benachbart liegenden Säule des Geschmackkernes hinziehen. Der Geschmackskern steht wahrscheinlich, wie der ganz analog gebaute lange Trigeminuskern, mit dem Thalamus durch kreuzende Schleifenbahnen in Verbindung. Innerhalb des Thalamus münden dann zweifellos Großhirnbahnen, die jene Faserung mit dem ganzen mächtigen Komplexe der Rinde in Beziehung bringen können. So kann man sich die Unterlage für die direkte und die psychische Auslösung der Speichelsekretion bereits anatomisch vorstellen.

Die Wurzeln des Abducens

gelangen in mehreren Bündelchen gestreckten Verlaufes, welche die Haube und die Brücke durchsetzen, an der Brückenbasis nach außen. Der im Facialisknie gelegene rundliche Kern (Fig. 100, 106, 110) steht medial durch Fasern mit dem hinteren Längsbündel in Verbindung.

In diesen Fasern vermutete man seit Foville 1858 die anatomische Unterlage für die kombinierte Seitwärtsrichtung der Augen.

Denn es enden zweifellos Fasern des dorsalen Längsbündels in dem weiter frontal gelegenen Kerne für den Einwärtsroller der Augen, Fasern, die also sehr wohl diesen mit dem gekreuzten Kerne der Auswärtsroller, in Verbindung bringen könnten. Nachdem Untersuchungen von Laborde auch anatomisch die Fovillesche Vermutung zu stützen gesucht, hat Hunnius durch Zusammenstellung aller experimentellen und pathologischen Beobachtungen in der Tat den Beweis erbracht, daß Unterbrechungen des dorsalen Längsbündels zu Verlust des Vermögens führen, die Augen kombiniert nach der einen Seite zu drehen. In einem von Bruce beobachteten besonders reinen Fall von ausschließlicher Vernichtung der kombinierten Seitwärtsbewegung bei erhaltener Bewegungsfähigkeit der Gesamtmuskulatur wurde nur ein kleiner Tumor gefunden, der fast nur die dorsalen Längsbündel zerstört hatte. Beide Bündel waren von der Höhe der Abducenskerne bis in die Okulomotoriuskerne hinein stark entartet.

Wenn man das Vorliegende kritisch zusammenstellt, kommt man zu dem Schlusse, daß die kombinierte Seitwärtsbewegung der Augen bewirkt durch den Abducens, das dorsale Längsbündel und den gleichseitigen Okulomotoriuskern, aus welchem gekreuzte Fasern für den anderseitigen Rectus internus entspringen. Druck, Reizung des dorsalen Längsbündels führt zu zwangsweiser seitlicher Ablenkung der Augen in der Weise, daß „der Patient seine kranke Seite ansieht“. Einen solchen Herd zeigt Fig. 131 oben.

Eine weitere Verbindung hat der Abducenskern mit der oberen Olive (Fig. 106). Sie ist bereits S. 171 besprochen worden. Endet sie wirklich, wie es nach den Markscheidenfärbungen den Anschein hat, in dem Kern selbst, dann wäre dieser parallel der Facialiswurzel einherziehende Zug eine Verbindung zwischen dem Hörnerven und den Augenbewegungsnerven, also ein zweifellos für unsere Raumorientierung wichtiger Apparat.

Wenn einmal der Akustikus, der Facialis und der Abducens die Haube verlassen haben, wird das Bild, welches ihr Querschnitt bietet, natürlich wesentlich einfacher. Wir untersuchen jetzt das Eintrittsgebiet des Nervus trigeminus.

Zunächst tritt in der Fortsetzung des Facialiskernes, doch etwas dorsaler, der motorische Trigeminuskern auf. Aus ihm kommt, wieder in leichtem Knie, die motorische Wurzel, die Portio minor, welche die Kaumuskeln versorgt. Wahrscheinlich gelangen mit ihr auch Fasern heraus, welche aus dem gekreuzten motorischen Kerne stammen und durch die Raphe herübergelangen.

Es treten aber mit dem motorischen Trigeminus auch Fasern aus der Brücke, welche nicht im motorischen Kerne, sondern hoch oben in der Vierhügelgegend entspringen, wo spärliche Ganglienzellen, seitlich vom Aquaeductus Sylvii (in Fig. 171 links oben) der Radix mesencephalica Nervi trigemini Ursprung geben.

Diese Zellen setzen sich kaudalwärts, immer in der Seitenwand liegend, fort, und man kann eine größere Ansammlung von ihnen durch das dünne Ventrikelependym als dunkle Gruppe vorn, jederseits am

Anfang des Ventriculus quartus, durchschimmern sehen. Sie heißt dort Locus coeruleus.

Der Kern des Kaumuskelnerven ist im wesentlichen gebaut wie die anderen motorischen Kerne im Rückenmarke. Neuerdings aber hat S. Ramon y Cajal an ihm ein eigentümliches Verhalten aufgedeckt. Die Mittelhirnwurzel aus den großen blasigen Zellen um den Aquaeduct sendet nämlich in den großen motorischen Hauptkern eine ungeheuere Menge der allerfeinsten Kollateralen. Jede der Zellen ist von einem ganz dichten Netze solcher Fäden umsponnen. Der Entdecker dieses merkwürdigen Apparates ist der Ansicht, daß durch diese Kollateralen es ermöglicht werde, daß ein relativ schwacher Reiz,

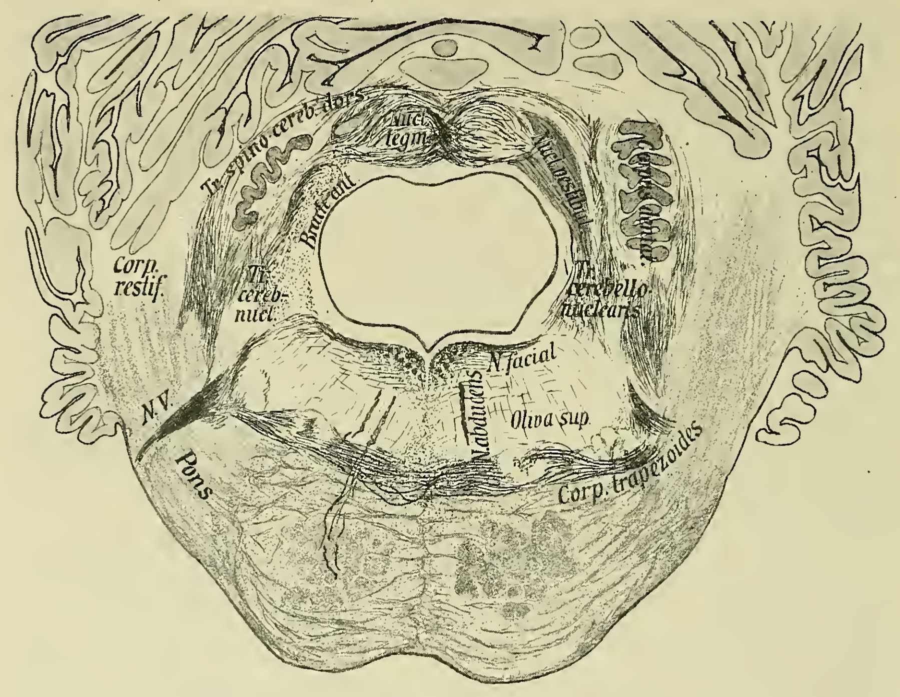


Fig. 111.

Neugeborener. Schnitt in der Höhe, wo die kaudalsten Trigeminuswurzeln austreten. Die Fußfaserung marklos.

von dem frontalen Kern ausgesendet, sich im Hauptkerne zu einer mächtig wirksamen Erregung umsetze. Es würden die großen motorischen Zellen gewissermaßen geladen und könnten sich zeitlich einheitlich entladen, so die Kraft und das Zusammenspiel des Kauaktes erzeugend.

Der Hauptteil des Nervus trigeminus, der sensible, entstammt zweifellos den Zellen des Ganglion Gasseri, deren peripher gerichteter Fortsatz ganz wie bei den Spinalganglienzellen zum Nerven wird, während ein zentral verlaufender als dicke „Wurzel" in die Brückenfaserung eintritt. Diese durchbohrt er und senkt sich in den dort liegenden Endkern (sensibler Trigeminuskern) ein.

Da, wo die Fasern eintreten, teilt sich ihre Mehrzahl in einen feinen aufsteigenden und in einen absteigenden Ast. Der cerebralwärts ziehende

endet bald in demjenigen Teile des Kernes, der frontal von der Eintrittsstelle liegt, aufgesplittert in kleinen Pinselchen, der spinalwärts ziehende endet auch unter Abgabe massenhafter Kollateralen allmählich; aber der Kern, in dem das geschieht, die kaudale Fortsetzung des schon genannten Endkernes, ist ungemein lang und reicht als Nucleus bulbo-spinalis N. trigemini hinab bis in das Halsmark. Auf diesem ganzen Wege wird er von der natürlich immer dünner werdenden Hauptmasse der Trigeminusfasern begleitet. Sein langes, im Quer-

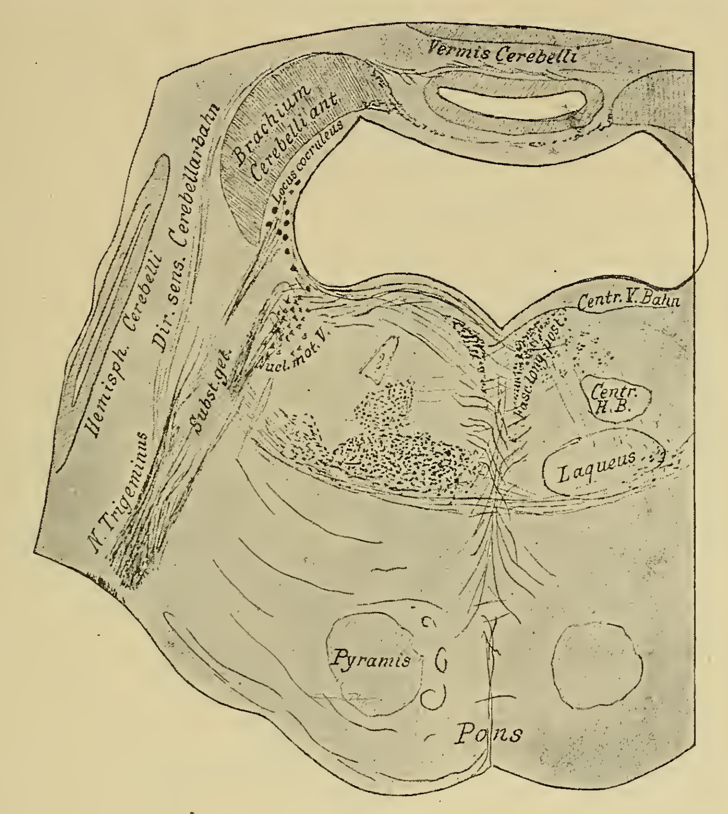


Fig. 112.
Schnitt an der Stelle, wo die absteigende Trigeminuswurzel nach außen abbiegt. Trigeminuswurzeln.

schnitt halbmondförmiges Bündel ist uns auf allen Schnitten vom Halsmarke an schon begegnet. Es liegt dieser Tractus bulbo-spinalis Nervi trigemini der langen glasig aussehenden Säule des Endkernes überall dicht an, bis hinab in das Hinterhorn des Halsmarkes, wo er dann sich endlich erschöpft.

In dem Schema der Fig. 113 lege ich den Gesamtverlauf der einzelnen Trigeminuswurzeln Ihnen vor. Viele Details sind nach Präparaten von S. Ramon y Cajal eingezeichnet.

Aus dem langen Endkerne des sensiblen Trigeminusteiles entspringt die sekundäre Trigeminusbahn.

Schon vor Jahren ist mir auf Grund von vergleichend anatomischen Untersuchungen der Nachweis gelungen, daß es eine gekreuzte Bahn aus

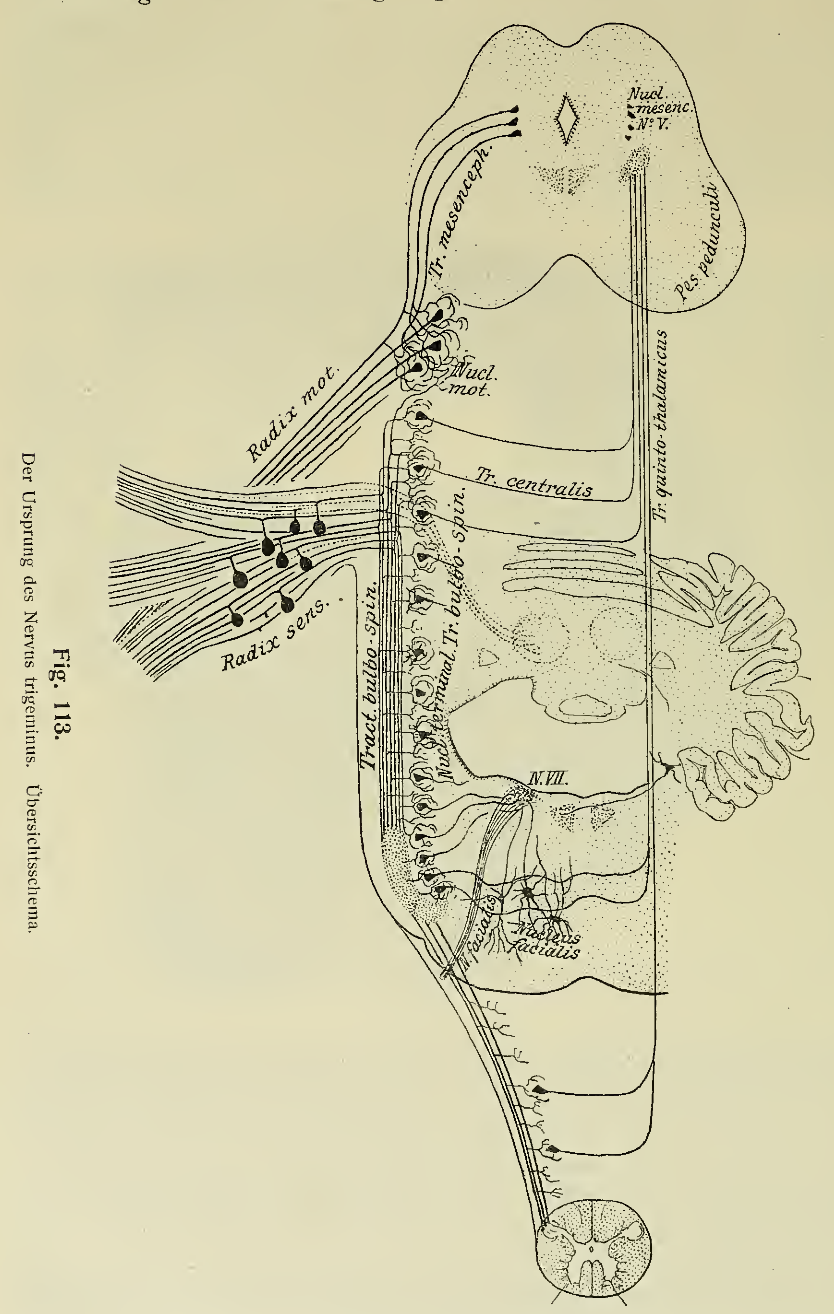


Fig. 113.
Der Ursprung des Nervus trigeminus. Übersichtsschema.

dem Trigeminusendkerne gibt, die hirnwärts zieht. Diese aus dem Endkerne überall austretenden und die Mittellinie überschreitenden Züge sind seitdem oft gesehen worden, aber es ist erst Wallenberg ihre Durchschneidung

und damit der Nachweis des Ortes gelungen, wo das zentrale Stück der Trigeminusbahn im Gehirne liegt und wo es endet. W.s Versuche sind an Kaninchen angestellt. Hier ließ sich erkennen, daß der nach Abtrennung des Endganglions auftretende Degenerationsstreifen sich im unteren Oblongataabschnitte innerhalb des großen Assoziationsfeldes, dicht unter den Hypoglossuskernen, gekreuzt von der Verletzungsstelle, befindet und mit dieser durch lange Bogenfasern verbunden ist. Weiter hirnwärts findet man ihn immer lateral und etwas ventral vom Fasciculus longitudinalis posterior. Beim Menschen findet man an gleicher Stelle wie beim Kaninchen eine große Anzahl von Faserquerschnitten, s. Fig. 121. Doch ist für diese noch nicht durch Degeneration der Nachweis erbracht, daß sie dem Trigeminus angehören. Im Mittelhirne findet man die zentrale Trigeminusbahn lateral von den absteigenden Fasern der Commissura posterior, und schließlich kann man sie nach Wallenberg bis in den ventralen Thalamuskern verfolgen, wo sie sich dann dem Tractus bulbo-thalamicus anschließt. Vergl. Fig. 171 das Feld, das „aus Thalamus“ bezeichnet ist.

S. Ramon y Cajal hat die gleiche Bahn unabhängig von Wallenberg, wenigstens in ihren Ursprungsgebieten, entdeckt und uns eine sehr genaue Beschreibung des Baues jenes Endkernes gegeben, aus dem sie entspringt. Dieser enthält eine große Menge recht ansehnlicher multipolarer Zellen. Um dieselben spittert peripher die Trigeminuswurzel auf, und aus den Zellen entspringen die Achsenzylinder der zentralen Bahn. Die Mehrzahl begibt sich, ganz wie das oben angegeben wurde, hinüber auf die andere Seite und zieht da als dorsalste Lage der Substantia reticularis hirnwärts, eine Minderzahl aber soll nach R. y Cajal auf der gleichen Seite bleiben. Hier besteht noch ein Widerspruch mit den Ergebnissen, welche das Degenerationsexperiment geliefert hat.

Aus dieser zentralen Trigeminusbahn gehen zahlreiche Kollateralen in den Facialiskern, so den sensomotorischen Reflexbogen für das Antlitz herstellend. Durchschneidungen des Trigeminus sind manchmal wegen der dann wegfallenden sensiblen Kontrolle von nicht unbeträchlichen Bewegungsstörungen im Gesichte begleitet.

Aus dem Cerebellum zieht zu der Gegend des Quintusaustrittes ein mächtiges Bündel herab. Es degeneriert nicht, wenn der Nerv zerstört ist, gehört also einer sekundären Bahn an. Wir haben in diesem Faserzuge den Quintusteil aus dem cerebello-nuklearen Systeme zu erkennen. Auf Schnitten hat man wegen der Gleichrichtung seiner Fasern mit den austretenden Wurzelfasern des Trigeminus den Eindruck, daß es direkt in die Wurzeln hinein gehe. Die Degenerationsversuche sprechen aber dagegen (Fig. 112).

Daß ein Teil des mit dem Trigeminus eintretenden Lingualis nicht im Trigeminuskerne endet, sondern in dem frontalsten Ende des Tractus solitarius, sich also zum gleichen Endkerne begibt wie die anderen sensiblen Nerven aus der Zunge, das ist bereits früher S. 146 erwähnt worden.

Was bisher von der Oblongata berichtet wurde, schloß sich im wesentlichen an die Verhältnisse an, welche beim Menschen und den Affen vorliegen. Es lohnt aber sehr, einen Blick auf die gleichen Formationen bei anderen Säugern zu werfen. Die Bahnen, welche die Oblongata nur durchziehen oder diese mit den höheren Zentren verknüpfen, sind, weil noch keine Degenerationsversuche in nennenswerter

Ausdehnung vorliegen, kaum sicher bekannt. Wohl aber ist der Primärmechanismus, die Eigenkerne usw. studiert. Von den Oliven habe ich schon S. 148 einiges mitgeteilt und abgebildet.

Da der Primärmechanismus der Oblongata von besonderer Wichtigkeit für die Existenz des Tieres ist und da dasjenige, was er zu leisten hat, ziemlich überall das gleiche ist, wird es Ihnen klar sein, daß im allgemeinen bei allen Säugern der Aufbautyp der gleiche ist. Immerhin kommen eine Reihe Differenzen vor, die außerordentlich lehrreich für das Gesamtverständnis der Oblongata sind.

Zunächst gibt es ganz enorme Größendifferenzen in einzelnen Kernen und dem diesen zugehörigen Apparat. Man findet z. B. bei der Maus

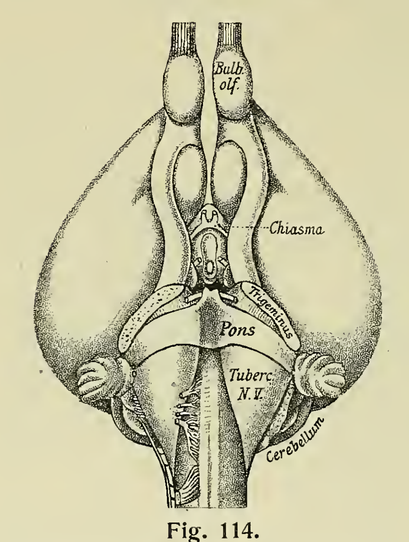


Fig. 114.
Das Gehirn von Ornithorhynchus paradoxus. Ventralfläche. Nach Kölliker und Elliott Smith.

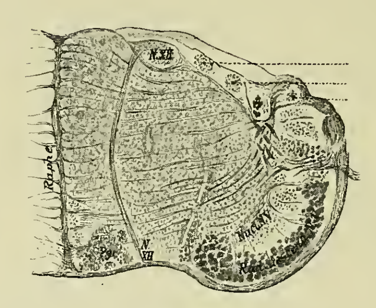


Fig. 115.
Schnitt durch die Oblongata des gleichen Gehirnes. Nach Kölliker.

und dem Maulwurf den langen Trigeminuskern als besonders mächtiges Gebilde, viel stärker entwickelt als etwa in gleichgroßen Fledermausgehirnen. Die Lebensweise der Tiere, die Wichtigkeit der Tasthaarinnervation an der Schnauze, erklärt das sofort. Bei Ornithorhynchus, dem Schnabeltiere, ist gar der Trigeminusendkern so entwickelt, daß er an der Ventralseite des Nachhirnes jederseits einen mächtigen, weithin über die Oberfläche ragenden Wulst bildet, der auf lange Strecken hin das ganze Querschnittsbild beherrscht und dem anderer Oblongataschnitte ganz unähnlich macht, wie Fig. 115 gut zeigt.

Die im Wasser lebenden Säuger sind, wie es scheint, vorwiegend auf ihre akustischen Eindrücke im Kampf gegen die Außenwelt hingewiesen, zumal ihnen nur relativ gering entwickelte Optici und nur ganz atrophische Olfactorii zur Verfügung stehen. Man findet deshalb bei den Walen den Cochlearisapparat, den Trapezkörper, die von ihm aus-

gehende laterale Schleife und deren Endkern in den hinteren Vierhügeln von unerwartet großen Dimensionen. Das gleiche beobachtet man an der Maus. Bei der Fledermaus, dann bei dem Gürteltiere, ist der akustische Endapparat besonders entwickelt.

Andere Male, aber viel seltener, fehlen einzelne Kerne. So besitzt die Blindmaus, Sphalax typhlops, deren Augen und Augenmuskeln total atrophiert sind, keinen Abducenskern (Frankl Hochwarth). Auch bei ihr ist der Trigeminus weit über das Maß entwickelt, das man bei anderen Säugern findet. Zweifellos handelt es sich da wieder um orrelative Hypertrophie.

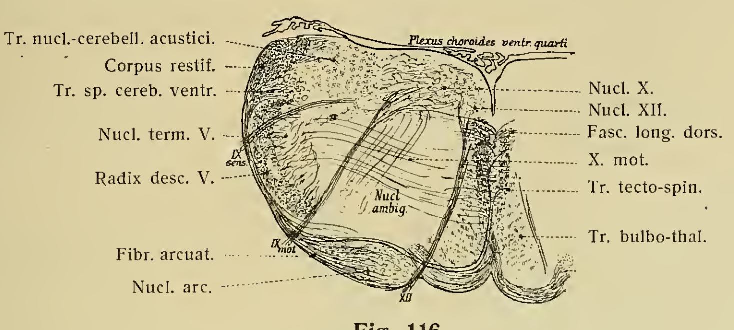


Fig. 116.

Schnitt in der Hypoglossusgegend von Vesperugo noctula.

Die Hinterstrangkerne am kaudalen Oblongataende sind beim Menschen paarig, aber es läßt sich zeigen, daß bei den meisten Tieren mit besonders großer Schwanzmuskulatur, den Känguruhs z. B., ganz medial ein dritter Hinterstrangkern liegt, der wohl die aus dem Schwanz kommenden musculosensitiven Bahnen aufnimmt (Bischoff, Ziehen).

Dreizehnte Vorlesung.

Die Brücke. Hauben- und Fußfaserung.

Die in der letzten Vorlesung geschilderten Kerne liegen zumeist nicht mehr in der Oblongata, sondern ganz oder zum Teil in der Brücke.

Die Brücke entsteht dadurch, daß sich lateral und dorsal von den Pyramiden mächtige Ganglien anlegen, die Brückenganglien, und daß zu diesen von vorn her, aus dem Großhirn, Züge treten, während sie selbst lateralwärts ihre Achsenzylinder in das Cerebellum hinein senden. Diese Achsenzylinder heißen in ihrer Gesamtheit Brachia pontis — mittlerer Kleinhirnarm.

Durch diesen Apparat wird die Pyramidenfaserung von der Oblongataformation ventralwärts abgerückt, sie kommt innerhalb eines eigenen mächtigen Feldes zusammen mit den Brückenbahnen aus dem Großhirn zu liegen und bleibt auch von nun an bis zur Hirnrinde mit ihnen zusammen. Ein Schnitt durch die Brücke zerfällt in einen dorsalen Abschnitt,

der im wesentlichen die Bestandteile enthält, welche wir von der Oblongata her kennen — Haubenteil — und einen ventralen, welcher, außer den Pyramiden, den gesamten Brückenapparat enthält — Fußteil der Brücke.

Die Brückenarme, Brachia pontis, werden beiderseits unter den Kleinhirnhemisphären sichtbar, sie umgreifen und durchflechten die Fußfaserung und treten in den ventraleren Gebieten — Stratum superficiale — zumeist zu Brückenganglien der gleichen, in den dorsaleren zu solchen der gekreuzten Seite (Minghazzini). Die Brückenganglien sind graue, von einem Netze feiner Fasern erfüllte Massen, in die man einerseits die Fasern aus den Brückenarmen, andrerseits die aus dem Gehirn stammenden Bahnen verfolgt. Schema der Brücke s. Fig. 151.

Die Gesamtfasern aus den Ganglien bilden eine einheitliche Masse, eben die Brücke. Manchmal trennt sich der frontalste Abschnitt ab, um in zerstreuten Bündelchen, etwas weiter dorsal, kaudalzu ziehen. Auch diese Fila lateralia pontis — Taenia pontis — senken sich in die Kleinhirnhemisphäre, nur weiter dorsal als die Hauptmasse (Fig. 164 rechts).

Es ist durch Untersuchungen von S. R. y Cajal sicher geworden, daß um die großen Zellen der Brückenganglien die mächtigen cortico-pontinen Züge aufspittern, und daß aus den Achsenzylindern jener Zellen die Arme zum Kleinhirn werden. Er und Held haben dann noch gezeigt, daß auch aus den die Brücke nur durchziehenden Pyramiden noch zahlreiche Kollateralen zu den Brückenganglien treten, ja, daß auch aus den dorsal von der Brücke liegenden sekundären sensiblen Bahnen Kollateralen hierher herabtreten. Innerhalb des Brückengraues ist also ein mächtiger Assoziationsapparat für Fasern der allerverschiedensten Herkunft gelegen.

Da die Degenerationsversuche zeigen, daß nicht nur nach Großhirnherden, sondern auch bei Kleinhirnentfernung ein Teil der Brückenfasern zugrunde geht, müssen wir annehmen, daß, wie in vielen anderen Bündeln, so auch in den Brückenarmen Fasern doppelter Verlaufsrichtung, solche aus Zellen des Kleinhirnes zu den Brückenganglien und solche aus den Zellen jener Ganglien hinaus zum Kleinhirne vorhanden sind.

Die Brücke vermittelt durch ihre Ganglien den Übergang von Großhirnbahnen in das Kleinhirn. Sie ist deshalb bei allen Tieren mit gering entwickeltem Palliumsystem sehr klein, ja sie ist in ihrer frontokaudalen Ausdehnung geradezu abhängig von der Entwickelung des Großhirnmantels. Deshalb findet man z. B. bei allen Insektivoren, bei den Nagern, den Beutlern und den Monotremen immer eine ganz kurze Brücke, siehe z. B. Fig. 114. Die größte Brücke haben die Primaten. Doch bestehen noch zwischen Mensch und Anthropoiden Unterschiede zu ungunsten der letzteren. Bei den übrigen Affen ist die Brücke wesentlich kürzer als bei den Menschen; sie bedeckt — s. Fig. 104 — nicht einmal das Corpus trapezoideum der Haube. Nur die Wale haben noch eine Brücke, die sich an Ausbildung mit der der Anthropoiden messen kann.

Lassen Sie uns einen Augenblick die anatomischen Darlegungen hier unterbrechen, um einigen allgemeinen Verhältnissen die Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Sie haben gesehen, daß der mächtige Assoziationsapparat, der im

Großhirne gegeben ist, seine Bahnen bis hinab in das Rückenmark, die Oblongata und nun auch in die Brücke sendet, und haben wiederholt erfahren, daß diese Bahnen bei niederen Vertebraten nie so stark entwickelt sind, als beim Menschen. Alle die Großhirnzüge bilden im Mittelhirn den **Fuß** des Hirnschenkels. Die gesamte Fußfaserung ist phylogenetisch sehr später Erwerb. Sie tritt erst bei den Säugern auf und auch hier erfährt sie nur allmählich besondere Ausbildung. Wird das Vorderhirn zerstört, so entartet nur die Fußfaserung.

Was dorsal von der Fußfaserung liegt, alles, was wir außer den Pyramiden bisher an der Oblongata kennen gelernt, heißt **Haube.**

Die Haubenapparate sind phylogenetisch sehr alt. Sie sind im Prinzip durch die ganze Tierreihe hindurch gleich. Wer die Oblongata nur des Menschen kennt, würde doch an der eines Haies oder Vogels sich ungefähr zurechtfinden.

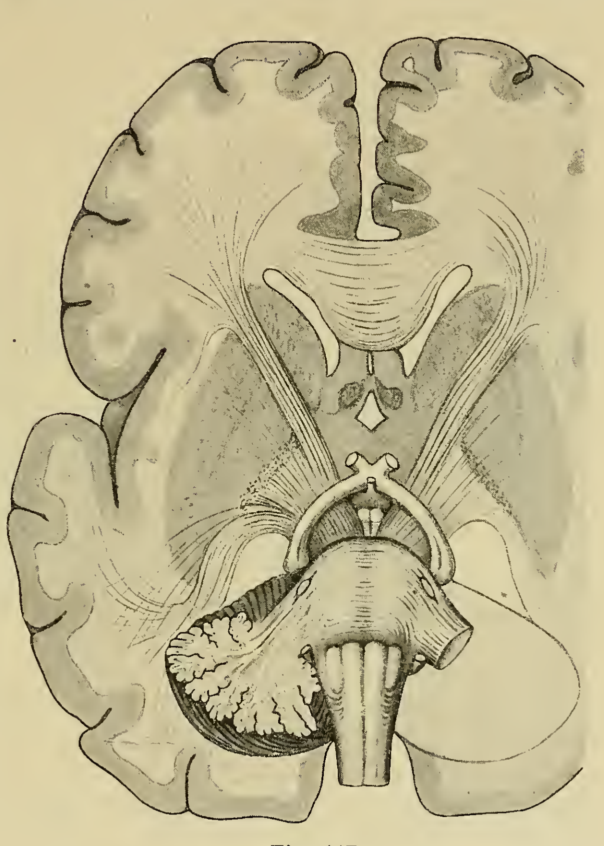


Fig. 117.
Die Bahnen aus der Großhirnrinde zur Brücke und der Brückenarm zum Kleinhirn. Abfaserungspräparat. Halbschema.

Man ist zu der Annahme berechtigt (Meynert), daß innerhalb der Haube der eigentlich grundlegende sensible und motorische Apparat liegt, daß aber in der Fußfaserung diejenigen Bahnen enthalten sind, welche zu höheren seelischen Prozessen irgendwie in Beziehung stehen, ihre Übertragung auf das Rückenmark z. B. ermöglichen.

Ein Vogel, ein Fisch, ein Frosch kann mit dem Haubenapparat allein alle komplizierten Tätigkeiten ausführen, ein Säuger leidet schwer, wenn man ihn auf diesen allein anweist, indem man, wie Goltz es getan hat, den ganzen Fußapparat zur Entartung bringt. Der Mensch gar, bei dem die direkten Rindenfasern aus dem mächtigen Großhirn-

apparate sehr ausgebildet sind, kann sie kaum noch entbehren. Ein Mensch mit ausgedehnter Vernichtung der Fußbahnen, wie sie etwa nach großen Hirnherden auftritt, ist bekanntlich sehr hilflos, es fehlen ihm alle erlernten feineren Bewegungen, er kann nicht mehr sprechen, greifen, schreiben, er kann die Arme und Beine nur noch steif, ungeschickt bewegen. Schon bei dem Hunde ist ein solches Bild nicht mehr erzeugbar. Auch schwer am Großhirn verstümmelte Hunde, Tiere, denen die Fußbahn fast ganz fehlt, lernen allmählich den Verlust mit dem Haubenapparate ausgleichen.

Manchmal hat man Gelegenheit, menschliche Mißbildungen eine Zeitlang lebend zu beobachten, denen die ganze Fußbahn deshalb fehlt, weil sie kein Vorderhirn haben. Sternberg z. B., auch Flechsig, haben solche Beobachtungen angestellt. Die Sternbergsche Frucht besaß nur ein Rückenmark und eine Hinter- und Nachhirnhaube, die frontalsten noch erhaltenen Gebilde lagen dicht kaudal von den hinteren Vierhügeln. Sie schrie kräftig, saugte beim Einführen der Finger in den Mund, ja ließ dadurch ihr Schreien stillen. Die Lider konnten bis zu gewisser Höhe spontan geöffnet werden, sie schlossen sich auf Reize, auf Berühren oder Kitzeln der Nasenschleimhaut. Machte man dem Wesen „unangenehme Eindrücke“, bewegte man seine Extremitäten, berührte man es mit der Nadel oder mit Eis, so verzog es die Miene, ja es kam gelegentlich zu röhrenartigem Vorstrecken der Lippen, Schnauzenbildung, wie es auch andere Säuglinge unter gleichen Umständen als Unlustausdruck von sich geben. Das Kind seufzte auch deutlich, wenn die Hand mit Eis berührt wurde. Zu den Rückenmarkreflexen muß wohl gerechnet werden, daß es den hingestreckten Finger umschloß.

Man sieht, wie viel von dem, was man meist zu den wirklich höheren seelischen Tätigkeiten rechnet, schon im Mechanismus der Haube und des Rückenmarkes begründet ist.

Der Haubenapparat dorsal vom Fuße enthält also den vollständigen Mechanismus, welcher für die Verarbeitung ankommender Reize zu motorischen Äusserungen notwendig ist, alles auch, was den vitalen Funktionen, der Atmung, der Herzaktion usw. dient. Fehlen der Großhirnzüge zum Rückenmark, ja ihr Untergang macht nicht lahm, es wird nur die Möglichkeit zu komplizierteren Funktionen dadurch verloren. Die Haube der Oblongata enthält den ganzen Sprech- und Schreiapparat, sie ist es, welche den ersten Schrei des Kindes mechanisch ermöglicht, aber erst durch die im Fuße liegenden Tractus corticobulbares gelangen in sie Erregungen aus der Sprachregion der Rinde. Untergang dieser Fußbahn macht nicht stumm, aber er vernichtet beim Menschen die Fähigkeit zur Rede. Wenn sich zu der Haubenfaserung allmählich die Fußfaserung in der Tierreihe gesellt, dann wird es immer schwerer, ohne diese auszukommen, weil sie dann zeitlebens einen Teil der Gesamtleistung übernimmt.

Für die allermeisten Säuger ist die Faserung aus dem Großhirn zu kaudaler liegenden Zentren noch nicht einwandsfrei sichergestellt. Es liegen zwar fast immer da, wo man die Pyramiden sucht, am ventromedialen Oblongatarande, zwei ebenso aussehende, oft sehr dünne Bündel, aber es ist nur für wenige Tiere durch Degeneration oder entwicklungsgeschichtlich nachgewiesen, daß es sich hier um Tractus cortico-spinales handelt. Bei Ornithorynchus können sie (Kölliker) nicht einmal bis in die Brücke verfolgt, bei den Delphinen können sie nur mit Mühe als dünne Bündelchen auf dem Schnitt erkannt werden. Ja, ein solcher Schnitt hat, wie Sie in Fig. 118 und 119 sehen, viele Ähnlichkeit mit dem durch die Oblongata einer menschlichen Frucht, bei der die Pyramiden wegen Mangels des Großhirnes nicht zur Entwickelung gekommen sind.



Fig. 118.
Oblongata von Delphinus delphis. Nach Hatscheck und Schlesinger.



Fig. 119.
Oblongata einer menschlichen Frucht ohne Pyramiden, Cephalocoele u. a. Mißbildungen des Gehirnes.

Echte Tractus cortico-spinales aus den Pyramiden zu den Seitensträngen kreuzend sind bisher nur bei Affen, dem Hunde und der Katze, dann beim Kaninchen gefunden.

Bei der Maus (Stieda), dem Eichhorn (Ziehen), dem Murmeltier (Kotzenberg), bei Pseudochirus, einem Beutler, beim Schaf (Ziehen) geraten die Ventralstränge der Oblongata durch eine mächfige Kreuzung oben am Halsmark in die Hinterstränge, nicht wie die bisher bekannten Tractus cortico-spinales in die Seitenstränge. Auch einige Beutler, Phalangista-Kölliker, dann das Riesenkänguruh, Halmaturus giganteus, zeigen das gleiche, ebenso der Igel.

Da bisher nicht nachgewiesen war, ob diese Bahnen wirklich aus dem Großhirne entspringen, also gleich den Pyramiden zu den Seitensträngen echte Tractus cortico-spinales sind, habe ich zusammen mit Dr. Goldstein, mehrere Ratten und Eichhörnchen am Großhirne verletzt. Danach ließen sich mit der Marchimethode absteigende Degenerationen in den Pyramiden auffinden. Im Halsteile der Oblongata kreuzten sie in die Hinterstränge, deren ventralsten Abschnitt der Hauptteil in fest geschlossenem Bündel einnahm,

während ungekreuzte Fasern zerstreut, im anderseitigen Hinterstrang, einige wohl auch im Seitenstrang nachweisbar waren. Dasselbe sah Wallenberg an Cavia.

Die Pyramidenstränge sind übrigens bei verschiedenen Säugern in einer Beziehung ganz ungleichwertig. Es gelangen nämlich bei vielen nur ganz wenige Fasern in das Rückenmark, während die Mehrzahl, s. das Beispiel von der Fledermaus Fig. 94, 95 bereits in der gekreuzten Oblongata endet. Man kann das auch so ausdrücken: Die Tractus cortico-spinales und die Tractus cortico-bulbares, welche die Pyramidenstränge zusammensetzen, stehen nach Umfang nicht überall im gleichen Verhältnisse zu einander.

Die Haube der Brückengegend hat im wesentlichen die gleiche Zusammensetzung wie die der Oblongata. Aber sie liegt nicht mehr frei da, sondern ist von allen Seiten von den Kleinhirnarmen umschlossen.

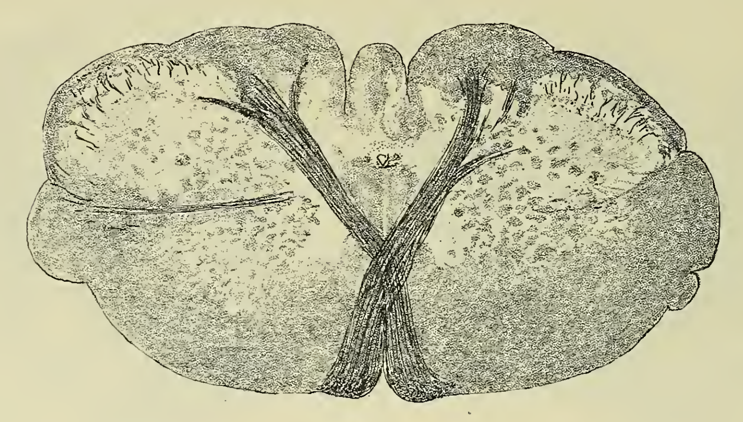


Fig. 120.

Sogenannte Pyramidenkreuzung von Halmaturus giganteus.

Ganz wie weiter kaudal die Corpora restiformia den lateralen Rand einnahmen, so grenzen jetzt, nachdem die Restiformia in das Cerebellum eingetreten sind, die Brückenarme ventral und die Bindearme dorsal die Haube seitlich ab, Faserzüge, welche das Kleinhirn mit dem Thalamus und dem Großhirne verbinden.

Die Rautengrube verengert sich im mittleren Drittel der Brücke, weil die hier aus dem Kleinhirn herabtretenden Bindearme sich nähern (Fig. 100). Ein dünnes Blatt des Daches, das Velum medullare anterius, auf dem sich Ausläufer des Kleinhirnes befinden, spannt sich zwischen den Bindearmen über die Rautengrube.

Die Hirnnervenkerne am Boden des Ventrikels sind nun verschwunden. Nur das frontale Ende der Trigeminuskernsäule ist lateral, wo die ganze Säule lag, noch zu sehen. Zu dem Trigeminus gesellt sich hier die Mittelhirnwurzel, die dicht unter dem zentralen Höhlengrau des Ventrikels herabzieht. Ihr liegt ventral und medial der Locus coeruleus, wahrscheinlich auch ein Trigeminuskern, an.

Alles andere besteht, abgesehen von den diffusen Apparaten des Assoziationsfeldes — Nucleus reticularis tegmenti —, aus Leitungsbahnen, die in der Haube auf- und abwärts ziehen.

Vier dicke Querschnitte fallen hier zunächst auf.

1. Medial das dorsale Längsbündel zum Mittelhirn und zum Vorderstrange. Ihm liegt ventral dicht der gekreuzte Zug aus dem Tectum mesencephali zum Vorderstrange an.

2. Lateral von dem Assoziationsfelde findet man Züge, wahrscheinlich

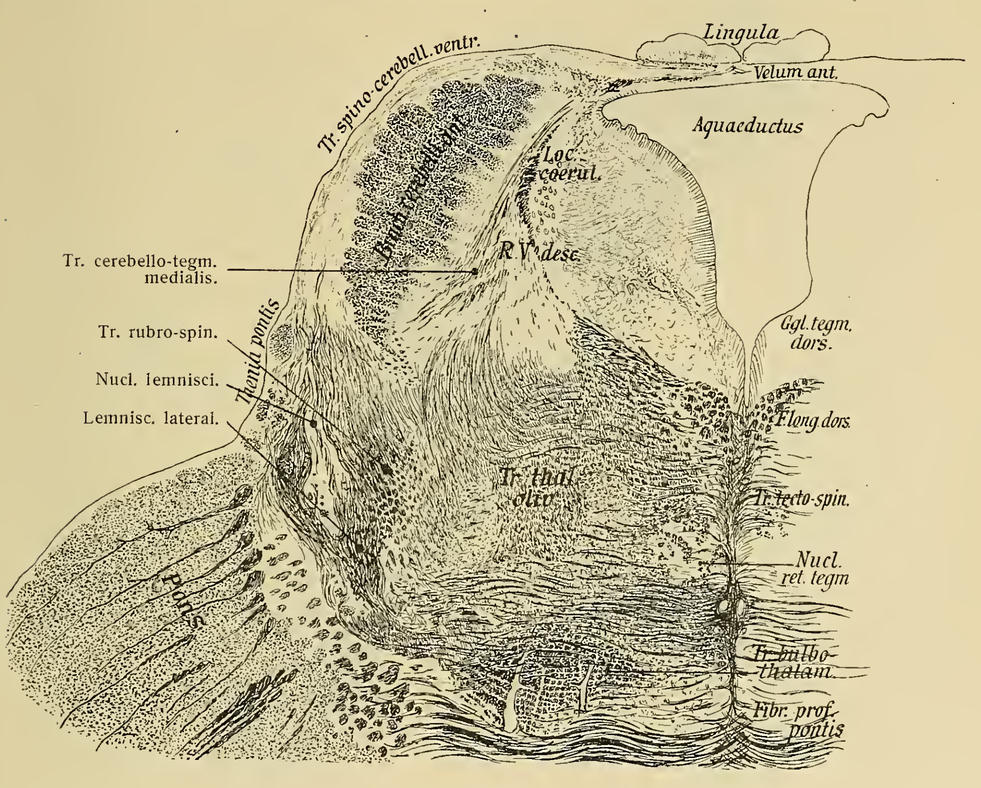


Fig. 121.

Schnitt durch die Haube der mittleren Brückengegend.

zur Brückenhaube, die sicher zum Teile aus dem Kleinhirn stammen und diesen wieder lateral liegt die sekundäre Quintusbahn zum Thalamus an.

3. Mitten im Assoziationsfeld liegt der Tractus thalamo-olivaris.

4. Ventral von ihm, dicht an der Brückenfaserung, erblicken Sie eine breite, dichte Schicht quergetroffener Fasern. Das ist

Die Schleifenschicht der Haube.

In ihr vereinen sich alle die mannigfachen Züge, die aus dem Rückenmarke und der Oblongata hirnwärts streben oder aus dem Thalamus und dem Mittelhirn rückwärts ziehen.

Es hat eine ungeheure Arbeit gekostet, die einzelnen Teile, aus

denen die Schleifenschicht besteht, voneinander zu sondern und ihrem Wesen nach zu erkennen. Namentlich ist über absteigende und aufsteigende Entartungen eine ganze Literatur erwachsen.

Die Schleifenschicht enthält medial die motorischen Fasern aus der Rinde zu den Kernen der motorischen Hirnnerven und lateral sämtliche sekundären sensiblen Bahnen.

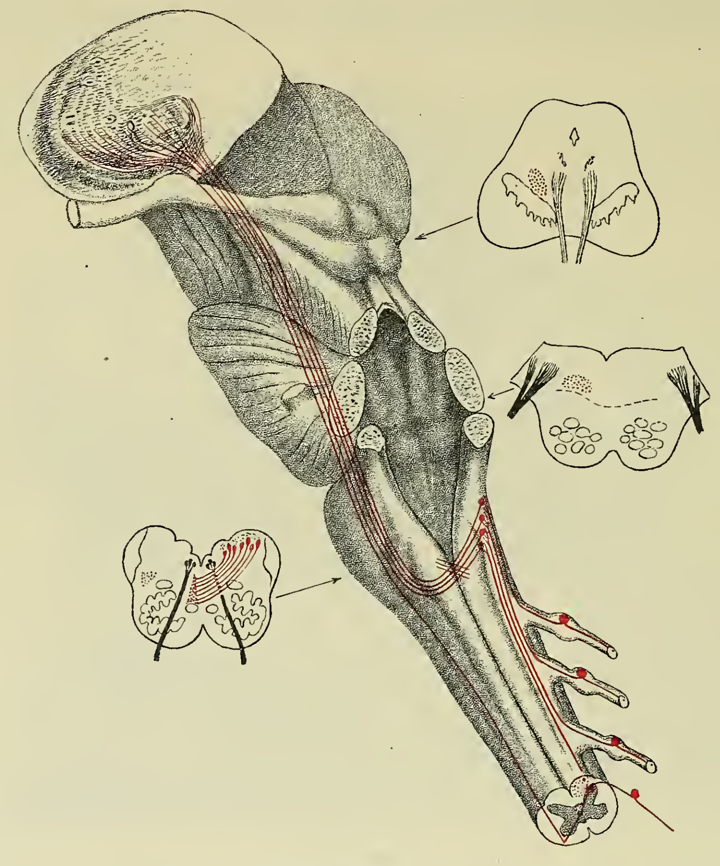


Fig. 122.
Der Gesamtverlauf der medialen Schleife.

Diesem lateralen Abschnitt liegt dorsal noch der wohl motorische Tractus rubro-thalamo-spinalis auf.

Daß die Schleifenschicht in ihrer Hauptmasse die sekundäre sensible Faserung enthält, das hat zu derselben Zeit Monakow experimentell für die Säuger bewiesen, wo ich ihr Vorkommen bei den niederen Vertebraten erkennend, auf vergleichend anatomischem Wege zu der gleichen Anschauung gekommen bin.

Die sensiblen Bahnen in der Schleife sind in der Weise geordnet, daß ganz medial die Fasern aus den inneren Hinterstrangkernen, also

die sekundär sensible Bahn aus der Unterextremität verlaufen, daß sich weiter lateral die Züge aus den Burdachschen Kernen, also aus den Endkernen der sensiblen Arm- u. s. w. Wurzeln anschließen, daß dann weiter lateral die im Vorder- und Seitenstrang aufsteigenden, wahrscheinlich der Temperatur, Tast- und Schmerzempfindung dienenden Bahnen liegen.

Diese ganze Faserung endet im Thalamus. Sie wird mit dem Namen obere oder auch mediale Schleife bezeichnet.

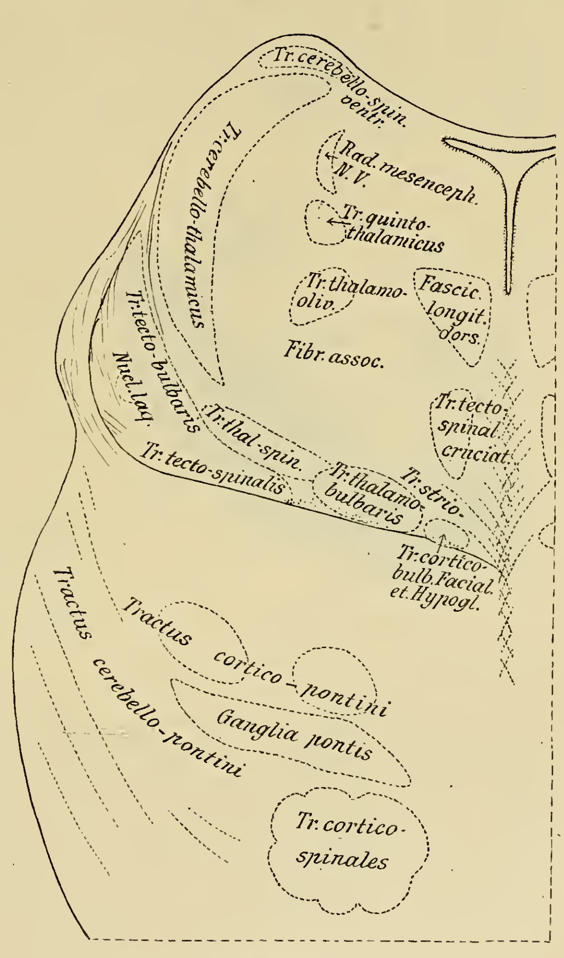


Fig. 123.
Übersicht über einige Teile der Schleifenschicht.

Ihr liegt lateral als laterale oder untere Schleife die Masse der aus der Oblongata und besonders aus den Akustikusendapparaten zum Mittelhirn aufziehenden Fasern, der Tractus bulbo-tectales, an.

Sowohl die obere als die untere Schleife enthalten auch Züge umgekehrten Verlaufes, solche, die im Thalamus und im Mittelhirndache entspringen.

Bei den Tieren mit besonders stark ausgebildetem akustischen Apparate, beim Maulwurf, der Fledermaus, der Maus, den Walen, ist die laterale Schleife sehr viel mächtiger als die mediale. Ein ungeheures Bündel, bedeckt sie die Außenseite des Gehirnstammes an dieser Stelle. Fig. 124.

Der Name Schleife kommt daher, daß die laterale Faserung, welche, wie Sie wissen, alle Züge aus dem Akustikusapparate und wahrscheinlich alle aus den sensiblen Endkernen zum Mittelhirndach enthält, sich, wenn einmal der Trigeminus ausgetreten ist, seitlich an dem Hirnstamm wie eine Schleife zum Mittelhirndach ein die Höhe windet. Auf Fig. 153 ist das gut zu sehen.

Da, wo sich die Schleife dorsalwärts wendet, sind ihr Ganglienzellen eingelagert (lateraler Schleifenkern, Obersteiner). Diese Gruppe läßt sich vorwärts bis in den am äußeren Rande der Substantia nigra gelegenen oberen Schleifenkern verfolgen. Aus diesen Schleifenkernen stammen auf- und abwärts ziehende Fasern noch unbekannter Endigung, aber kurzen Verlaufes.

Der Schleifenschicht liegen an ihrem medialen Ende noch zwei Bündel anderer Bedeutung an.

Ganz medial findet man nach Wallenberg ein Bündelchen beim Kaninchen, das aus dem medialen Abschnitt des gekreuzten Gollschen Kernes stammend hirnwärts zieht, um im Corpus mamillare zu enden. Dann findet man beim Menschen und den Affen sicher, bei den anderen Tieren sehr wahrscheinlich am medialen Ende der Schleifenschicht, etwas ventraler als diese liegend, immer ein Bündel aus der Fußfaserung, also ein echt motorisches Bündel. Spitzka zuerst hat es aus vergleichend anatomischen Gründen sehr wahrscheinlich gemacht, daß dieses Bündelchen die zentralen Bahnen für die motorischen Hirnnerven enthält. In der Tat kann man sich überzeugen, daß aus ihm fortwährend Fasern in die Raphe aufsteigen, und sieht am dorsalen Ende der Raphe Fasern über die Mittellinie hinweg nach den Kernen treten.

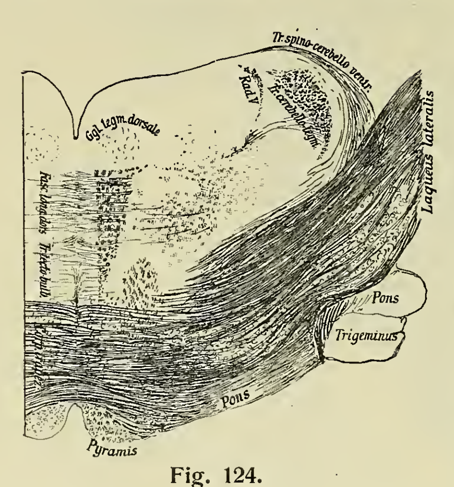


Fig. 124.

Die hypertrophische laterale Schleife bei Dasypus.

Hoche, welchem man die genauesten Untersuchungen über die zentrale Bahn der motorischen Hirnnerven verdankt, sah nach Erweichungsherden in der ventralen Gegend der Zentralwindungen degenerierte Fasern aus der betreffenden Pyramide in alle motorischen Hirnnervenkerne durch die Raphe aufsteigen. Sie versorgten jedesmal die Kerne beider Seiten. Außerdem zeigte sich, daß die beiderseitigen Hirnnerven noch Fasern aus einem Bündel bekamen, das mitten in die Schleifenschicht eingebettet lag, aber durch Degeneration aus dem Fuße abgeleitet werden konnte. Dieses „motorische Bündel der Schleifenschicht" ist, wie Déjérines Untersuchungen zeigen, wohl identisch mit dem gewöhnlich medial liegenden Spitzkaschen Bündel. Es scheint die kortikale Bahn zu den Hirnnerven bald einen mehr ventralen Zug — Spitzkasches Bündel — bald einen mehr dorsalen innerhalb der Schleifenschicht — Schlesinger, Hoche — einzuschlagen. Doch ist diese Auffassung noch nicht die allgemein akzeptierte. Die zuletzt genannten Autoren halten den motorischen Schleifenanteil für etwas Besonderes, das mit dem Spitzkaschen Bündel nicht identisch wäre. Für sie bestehen zweierlei zentrale Verbindungen der Hirnnerven, eine via medialste Pyramidenfasern, vielleicht auch das Spitzkasche Bündel und eine zweite via Schleifenschicht.

Lateral von dem motorischen Bündel der Schleifenschicht liegt das hier etwas anders als in der Oblongata angeordnete flache Bündel des

Tractus bulbo-thalamicus aus den Hinterstrangkernen. Ihm sind Fasern umgekehrten Verlaufes aus dem Thalamus zu den Kernen beigemengt, die also gelegentlich nach Thalamusherden absteigend entarten. Dieser medialen Schleife schließt sich seitlich die aus den Endstationen

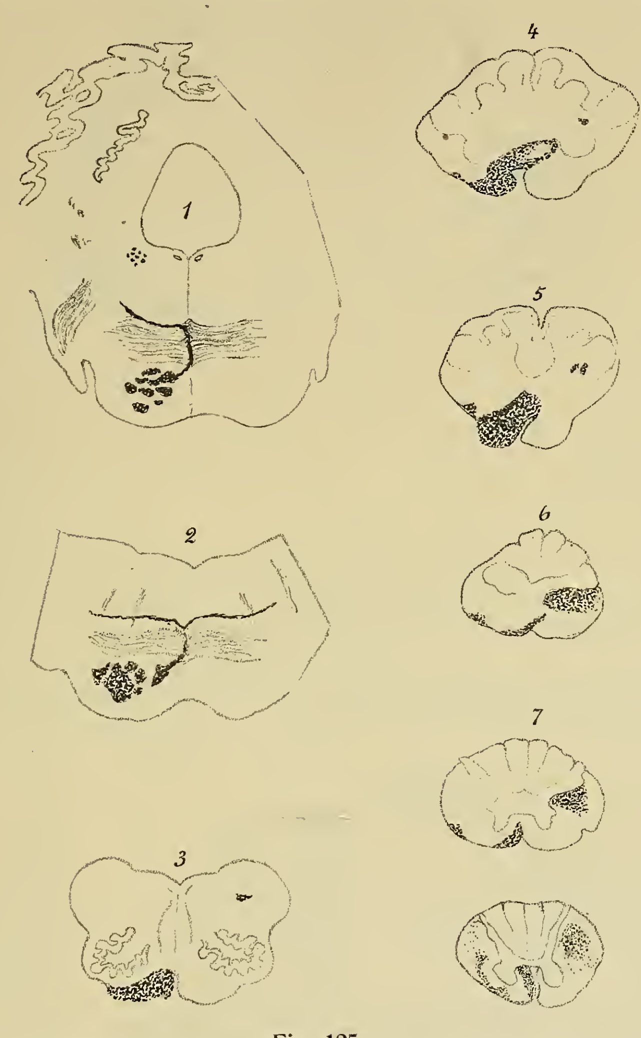


Fig. 125.
Die motorischen Fasern zu den Hirnnervenkernen. Absteigende Degeneration aller cortico-bulbären und cortico-spinalen Bahnen. Nach Barnes. Näheres s. Fig. 96.

des Akustikus zum Mittelhirn und Geniculatum mediale ziehende laterale Schleife, der Tractus bulbo-tectalis an.

Ventral von der Quintuswurzel und nahe dem lateralen Oblongatarande hatten wir das Seitenstrangbündel gefunden, welches die Tractus spino-thalamici, die Tractus spino-tectales und ganz lateral die Tractus spino-cerebellares ventrales enthielt. Dieses Bündel liegt noch

immer geschlossen in den Querschnitthöhen der Brücke, etwa in der Gegend, wo Fig. 121 die laterale Schleife dorsalwärts zieht. Hier sondern sich aber die Fasern zum Kleinhirn ab.

Die Tractus spino-cerebellares ventrales überziehen als feine Schicht den Bindearm, steigen an ihm dorsalwärts, bis sie die beide Arme vereinende Platte erreichen. In dieser wenden sie sich kaudal dem Kleinhirn zu. Ihre abgeschnittenen Bündel sind in dem mit Lingula — so heißt die Kleinhirnplatte auf dem Velum post anticum — bezeichneten Abschnitt zu sehen. L. Auerbach hat zuerst gezeigt, daß diese Bahn vom Rückenmarke aus bis hierher degeneriert, wenn das Mark durchtrennt wird. Seitdem ist das oft bestätigt worden. Für den Gesamtverlauf vergleichen Sie Fig. 65.

Wir werden später die letzten Enden des Tractus spino-cerebellaris im Kleinhirne kennen lernen und erfahren, daß er dicht an den Endstätten des Vestibularis in einem Flechtwerk aufhört, daß von jenen nicht scharf zu trennen ist. Die Oblongata durchzieht er nicht einfach. Er gibt vielmehr auf seinem Wege lateral von den Oliven mehrfach reiche Kollateralen ab, die als Flechtwerk nicht nur in die Olive selbst eindringen, sondern auch zu dem Endkerne des Trigeminus, sowie den Endkernsäulen des Vago-glossopharyngeus Beziehungen gewinnen. Hoche, sowie Thiele und Horsley haben nach Rückenmarkunterbrechung diese Plexus um die sensiblen Oblongatakerne, welche von dem zerebellaren Trakte ausgehen, entartet gefunden und dadurch erst entdeckt.

Dieser Tractus cerebello spino-cerebellaris ventralis muß überhaupt eine wichtige Längsassoziationsbahn sein, denn er gibt schon im oberen Halsmark Kollateralen in die Seitenstränge ab, welche dort die Pyramidenbahnen auf das feinste einhüllen, umfassen und umspinnen (S. Ramon y Cajal).

Es gibt in dem Grau der Brückenhaube noch einige bisher nur wenig bekannte Kerne.

1. Zunächst ist in die gerade hier sehr dicke Ependymmasse des Ventrikels, das Ganglion isthmi, ein rundlicher Kern mit kleinen multipolaren Zellen eingebettet, der Nucleus tegmenti dorsalis von Gudden (Fig. 121 r.). In ihm und in einer ähnlich gebauten Zellenansammlung ventral von dem dorsalen Längsbündel, dem Nucleus tegmenti ventralis, enden Fasern aus einem Ganglion des Zwischenhirnes, dem Ganglion mammillare, aufgesplittert in langen Zügen (S. Ramon y Cajal). Der Faserzug heißt deshalb Tractus mamillotegmentalis. Er ist auf Fig. 243 in seinem ganzen Verlaufe zu sehen.

2. Bei allen niederen Vertebraten, von den Fischen bis zu den Vögeln, liegt zwischen Schleifenschicht und Bindearm, dicht kaudal von den hinteren Vierhügeln, ein sehr mächtiges Ganglion, das Ganglion isthmi, das im vergleichend-anatomischen Abschnitt nähere Beschreibung finden wird. Es hat bei diesen Tieren mannigfache Faserbezieh-

ungen. Unter anderen endet hier ein mediales Bündel aus dem Sehnerven und entspringen hier Fasern zur Retina.

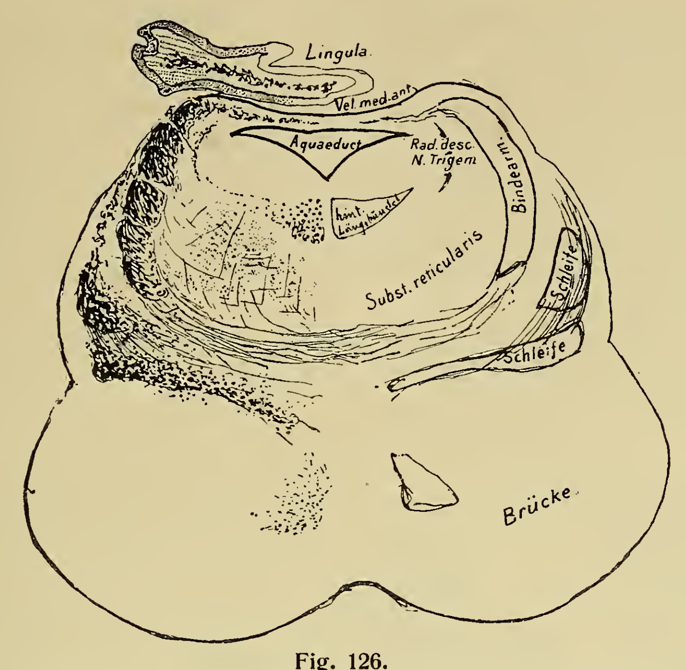


Fig. 126.
Schnitt durch die obere Brückengegend von einem Fötus aus dem neunten Schwangerschaftsmonate.

Ein ganz ebenso gelagertes Ganglion, dessen Faserbeziehungen aber noch nicht ermittelt sind, habe ich beim Hund, Kaninchen, Affe,

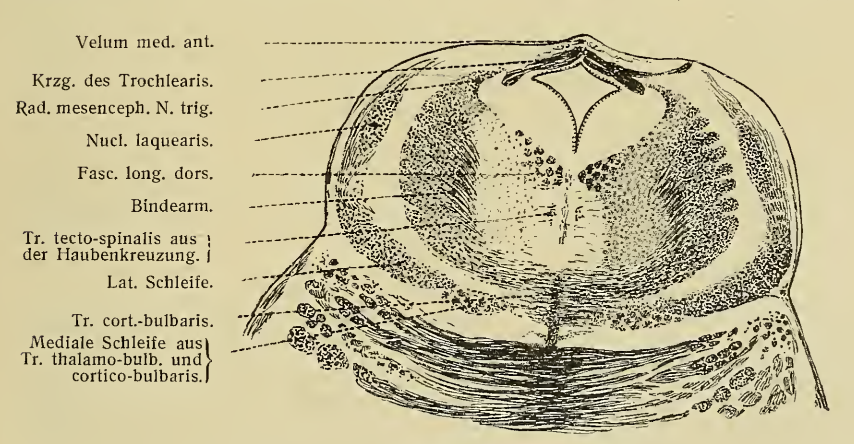


Fig. 127.
Der gleiche Schnitt, etwas weiter frontal. Vom E rwachsenen.

Katze und Mensch gefunden. Auch Kölliker hat es gesehen, ebenso Bechterew, der ihm den Namen Corpus parabigeminum gegeben

hat. Höchstwahrscheinlich handelt es sich hier um das rudimentäre Ganglion isthmi.

3. In der Brückenhaube liegen noch eine Anzahl Kerne, von denen wir kaum mehr wissen als die Abscheidung und die Namen, welche ihr Bearbeiter, Bechterew, ihnen gegeben hat. Die zerstreute Formation großer Zellen, welche schon in der Oblongata das Assoziationsfeld charakterisierte, setzt sich hier herauf fort, Nucleus reticularis tegmenti pontis und Nucleus centralis superior lateralis. Dazu kommt der Kern der Raphe (Fig. 99) und beiderseits von der Raphe ein mächtiger, unregelmäßig gestalteter Kern — auf Fig. 121 gut zu sehen — den Bechterew als Nucleus centralis superior bezeichnet hat.

Wenig weiter frontal als der Schnitt Fig. 126 ändert sich noch einmal etwas im Haubenquerschnitte. Es beginnt nämlich die Kreuzung der Bindearme aus dem Kleinhirne. Zunächst treten deren ventralste Fasern durch das ganze Assoziationsfeld auf die andere Seite, wo sie medial von der Schleife ein neues Querschnittfeld bilden. Dann wird die Kreuzung immer mächtiger und der ganze Raum medial von der lateralen Schleife von dem Querschnitt des gekreuzten Bindearmes erfüllt (Fig. 127).

Die Faserung des Fußes und die sie durchflechtenden Züge der Brücke haben sie bereits früher kennen gelernt. Es erübrigt noch, zu sagen, daß in den frontalen Ebenen des Pons sich ein Fasersystem findet, das kurz vor der Geburt markhaltig wird, aus der Brückenfaserung durch die Raphe aufsteigt und dann seine Züge nach rechts und links in die Substantia reticularis der Haube sendet. Nach Bechterew sollen sie in dem vordersten Teile des Nucleus reticularis enden.

Von jetzt an ändert sich das Querschnittsbild der Haube bis in die Vierhügelgegend nicht mehr wesentlich. Die Bindearme der Haube verlieren sich frontaler im roten Kerne des Mittelhirnes. An die Stelle des Velum medullare anticum treten im Dache die Vierhügel.

Es hieße die ganze Geschichte unserer Kenntnisse vom Gehirne wiederholen, wenn ich die Namen aller nennen wollte, welchen wir unsere Kenntnis vom Aufbau der Oblongata und der Brücke verdanken. Für die Faserung und einiges andere ist das Wichtigste schon im Texte gesagt. Einige ältere Daten werden Sie noch interessieren:

Die Pyramidenkreuzung wurde bereits 1710 von François Petit entdeckt. Die Oliven sind zuerst von Vieussens beschrieben worden. Makroskopisch wahrnehmbare Veränderungen beim Übergange vom Rückenmarke zur Oblongata, namentlich die Oberflächengestaltung, kennt man durch Santorini, Reil, Burdach und Rolando. Die Nuclei arciformes und die sie bedeckenden Fibrae arciformes anteriores hat Arnold zuerst genau geschildert, der sie als „Vorbrücke" auffaßte. Die Striae acusticae sind von Picolhomini entdeckt worden. Über ihre Beziehungen zum Hörnerven bestand schon in der vormikroskopischen Zeit ein lebhafter Streit. Eigentliche Aufklärung über den Bau des verlängerten Markes brachten aber erst die Untersuchungen von Stilling, Kölliker, Meynert, Schröder van der Kolk und Deiters. In neuerer Zeit ist namentlich den Nervenkernen dort eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden (Gudden, Roller, Freud, Duval, Koch, Darkschewitsch, v. Kölliker, S. R. y Cajal, Bechterew, v. Gehuchten, Marinesco und andere, die zum Teil im Texte erwähnt sind).

Die **Symptome,** *welche bei Erkrankungen des Pons und der Oblongata auftreten, sind in ihrer Gruppierung ein guter Prüfstein auf die Richtigkeit der Ihnen vorgelegten anatomischen Verhältnisse.*

Auf kleinem Raume sind dort die wichtigsten Bahnen für die Bewegungen der Körpermuskulatur, für die Empfindung, die Sprechmuskulatur, den Schluckakt usw. vereint. Ein Herd braucht da nicht groß zu sein, um gar mancherlei Symptome hervorzurufen.

Für die Diagnostik ist durch das Lageverhältnis der einzelnen Teile ein trefflicher Anhaltspunkt gegeben.

Die Kerne der Hirnnerven und deren Wurzelfasern liegen alle dorsal in der Haube. Ventral von ihnen liegt die sensorische Bahn für die gekreuzte Körperhälfte und wieder ventral von dieser die motorische Bahn aus dem Großhirn, ebenfalls für die gekreuzte Körperhälfte. Ganz lateral liegen die Kleinhirnbahnen.

Erkrankungsherde in der Haube werden also, wenn sie klein sind, nur Hirnnervensymptome machen, reichen sie weiter

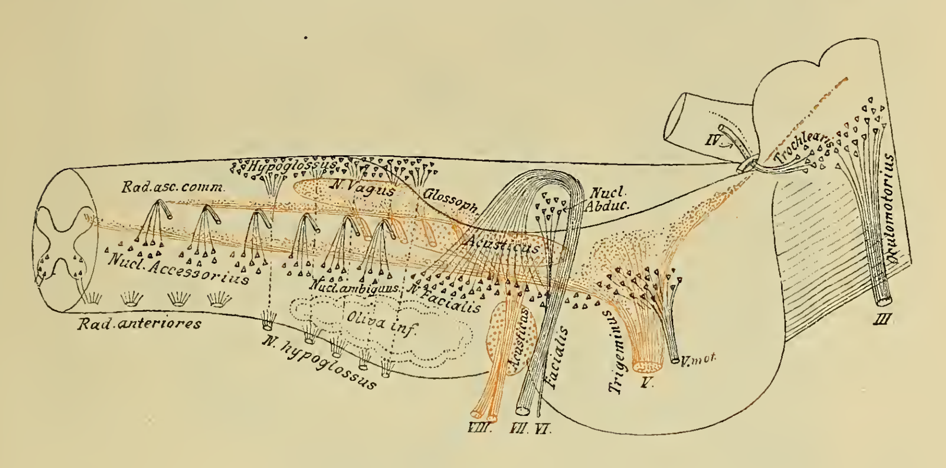


Fig. 128.

Die Lage der Hirnnervenkerne. Die Oblongata und Pons durchsichtig gedacht. Die Ursprungskerne (mot.) schwarz, die Endkerne (sens.) rot.

ventral, so werden zu den Hirnnerven gekreuzte Gefühlsstörungen auftreten und erreichen sie die Pyramidenbahn, so wird neben der Gefühlsstörung in der Seite, welche den gelähmten Hirnnerven gegenüberliegt, auch schwere Bewegungsbeeinträchtigung eintreten.

Da eine Unterbrechung der langen Bahnen die gleichen Symptome machen wird, einerlei ob sie schon im Vorderhirne oder Mittelhirne oder erst im Nachhirne erfolgt, nämlich Anästhesie, resp. Lähmung auf der gekreuzten Seite, so ist es wichtig, zu merken, daß man nur dann eine Störung der Gefühls- oder Bewegungsbahn in Pons-Oblongata vermuten darf, wenn gleichzeitig Symptome vorliegen, welche anzeigen, daß ein einzelner oder mehrere Hirnnervenkerne befallen sind.

Die Atrophie der Muskulatur, welche bei Affektionen der Kerne selbst auftritt, wird genau studiert werden müssen, wenn es gilt, den Ort und die Ausdehnung einer solchen Affektion festzustellen. Fig. 128, welche die Lage der Nervenkerne auf den Längsschnitt einer Oblongata projiziert darstellt,

wird Ihnen diese Aufgabe wohl etwas leichter machen, als die früher demonstrierten Bilder von Querschnitten der Nervenursprünge es vermögen.

Die motorischen Bahnen für die Extremitäten liegen vorn ventral in den

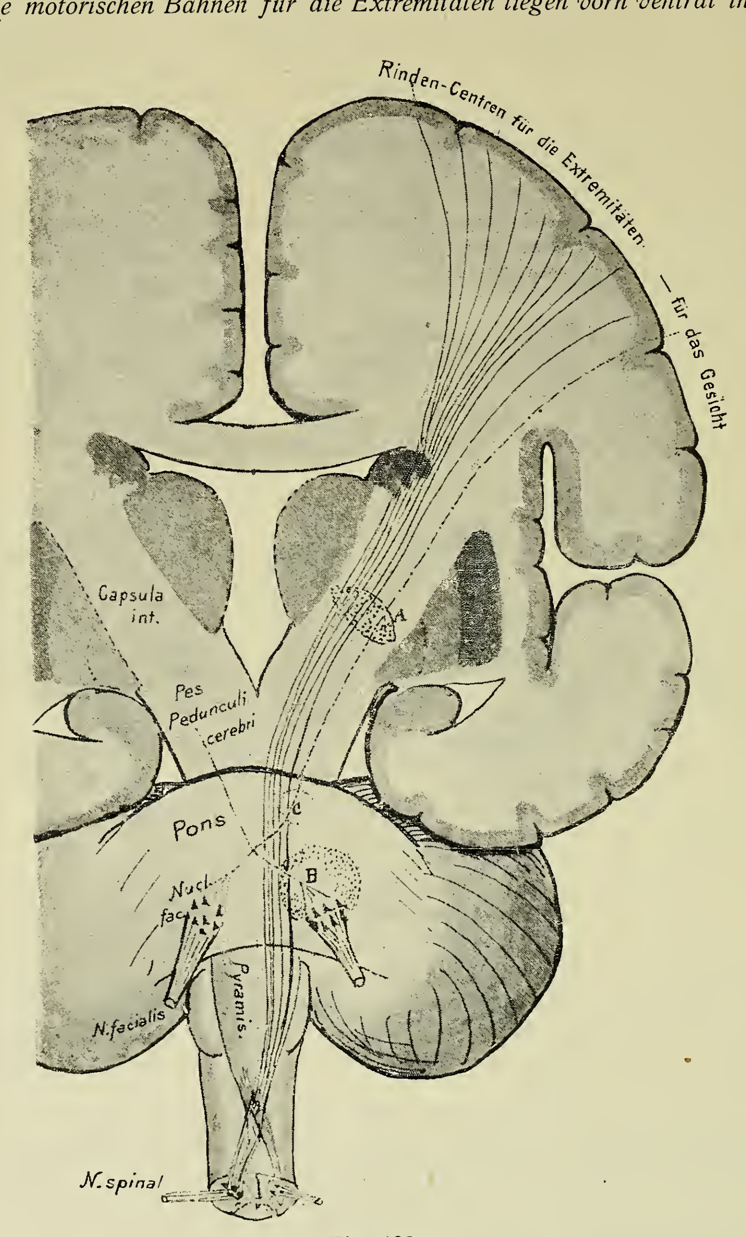


Fig. 129.

Schema der motorischen Innervationsbahn für den Facialis und die Extremitätennerven. Frontalschnitt durch Großhirn, Hirnschenkel, Brücke, verlängertes Mark und Rückenmark.

Pyramiden, sie treten erst sehr viel weiter hinten, gerade vor dem Rückenmarke auf die andere Seite. Die motorischen Fasern für die Hirnnerven

aber liegen nahe der Medianlinie, steigen in der Raphe der Haube dorsal und kreuzen ganz nahe an den Nervenkernen selbst zu diesen hinüber.

Ein Erkrankungsherd in der Brücke wird deshalb in den meisten Fällen zwar die Extremitäten auf der gekreuzten Seite, den Facialis, Abducens oder Trigeminus aber auf der gleichen Seite treffen, wo er selbst sitzt. Das Schema Fig. 129 versucht, dieses wichtigste Symptom vieler Pons- und Medullaaffectionen, die gekreuzte Lähmung, Ihrem Gedächtnis fester einzuprägen, als es das geschriebene Wort vermag. Es stellt die Bahn der motorischen Innervationen für den Antlitznerven und für die Extremitätennerven dar. Sie sehen an der Zeichnung, daß ein Herd bei A im Großhirn oder in den Hirnschenkeln rechts den linken Facialis und die linksseitigen Extremitäten lähmen wird, daß aber eine Erkrankung bei B im Bereich der Brücke rechts, die Extremitäten wohl links, den Facialis aber rechts treffen kann, daß ein solcher Herd die Mittellinie überschreitend eventuell beide Faciales und die Extremitäten einer Seite außer Gebrauch zu setzen vermag. Sie sehen auch an dem Schema, daß Krankheitsherde in der Brücke (bei C) so sitzen können, daß sie halbseitige, nicht alternierende Hemiplegie erzeugen, daß sie also dieselben Symptome machen, wie wenn sie im Großhirne säßen. Alternierende Lähmungen können, wenn sie nicht durch verschiedene Herde erzeugt werden, überhaupt nur durch Ponsaffektionen oder durch solche Geschwülste u. dergl. hervorgerufen werden, die ventral vom Pons sitzend, die Hirnnerven im peripheren Verlauf und die Pyramidenbahnen zerstören. Da außer dem Facialis noch der Abducenskern und der Quintuskern in der Brücke liegen, so können natürlich auch diese an den mannigfachen Modifikationen sich beteiligen, die bei Brückenerkrankungen im Bilde der wechselständigen Lähmung eintreten können. Wie sich der Akustikus verhält, ist noch unsicher.

Durch die Brücke verlaufen auch die Fasern zu den Nervenkernen der Oblongata, welche die Wurzeln innervieren, die der Rede dienen. Deshalb kommen bei Pons- und bei Oblongataerkrankungen oft trotz vollkommen intaktem Sprachvermögen Sprechstörungen vor. Man bezeichnet sie, je nach dem Grade, als Dysarthrie oder als Anarthrie.

Erkrankungen in der Haube der Brücke und der Oblongata können auch zu Störungen der Sensibilität führen. Wir haben Grund, anzunehmen, daß in der Schleife die zentralen Gefühlsbahnen liegen, und daß namentlich die mediale Schleife die Bahnen enthält, welche der so wichtigen statischen Sensibilität dienen. Deshalb werden nach Unterbrechung der Olivenzwischenschicht in der Oblongata leicht Muskelsinnstörungen beobachtet. Aber es hat die neuere klinische Forschung es durchaus wahrscheinlich erscheinen lassen, daß, in der Oblongata wenigstens, die Bahnen für den Tastsinn der Haut nicht in der Medianebene liegen, sondern den Längsbahnen angehören, welche lateral von der Olivenzwischenschicht angetroffen werden. In der Brücke können jedenfalls auch lateral gelegene Erkrankungen gekreuzte Gefühlsstörung hervorrufen. Liegt aber ein Herd irgendwo in der Haube der Oblongata oder Brücke, so trifft er nicht nur jene zentralen Bahnen, die immer zum Kerne gekreuzt verlaufen, sondern auch das periphere Stück vieler sensiblen Nerven. Es kann z. B. ein Herd seitlich in der Oblongata rechts den spinalen Quintuszug und die gekreuzten sensiblen Bahnen treffen, also rechtsseitige Gesichts- und linksseitige Rumpfanästhesie erzeugen.

Gewöhnlich zerstört eine einzelne Erkrankung nicht alle sensiblen zentralen und peripheren Bahnen, erzeugt also nicht, wie die vom Großhirnmarke ausgehende Erkrankung, komplette Hemianästhesie. Der eine oder der andere Nerv bleibt zumeist frei. Namentlich gilt dies von den Geschmacksbahnen

und den Hörbahnen, von denen nur selten komplette intrapontine Leitungsunterbrechung bekannt wurde.

Sitzt ein relativ breiter Herd irgendwo median, so kann natürlich doppelseitige Hemianästhesie entstehen, jedenfalls ein ungewöhnlich seltenes Vorkommnis. Kaustörungen, Schluckstörungen kommen natürlich ebenfalls zur Beobachtung, da ja die Kerne des motorischen Trigeminus, des Glossopharyngeus, des Hypoglossus leicht mitgetroffen werden können.

Ob eine Erkrankung in dem verlängerten Mark oder in der Brücke ihren Sitz hat, ist oft schwer zu entscheiden. Durch die Lage des motorischen Vagus-, Accessorius-, Glossopharyngeuskernes wird es bedingt, daß Heiserkeit, Stimmlosigkeit, dann Respirationsstörungen wesentlich nur bei Herden in der Oblongata betrachtet werden. Sprechstörungen, Dysarthrie,

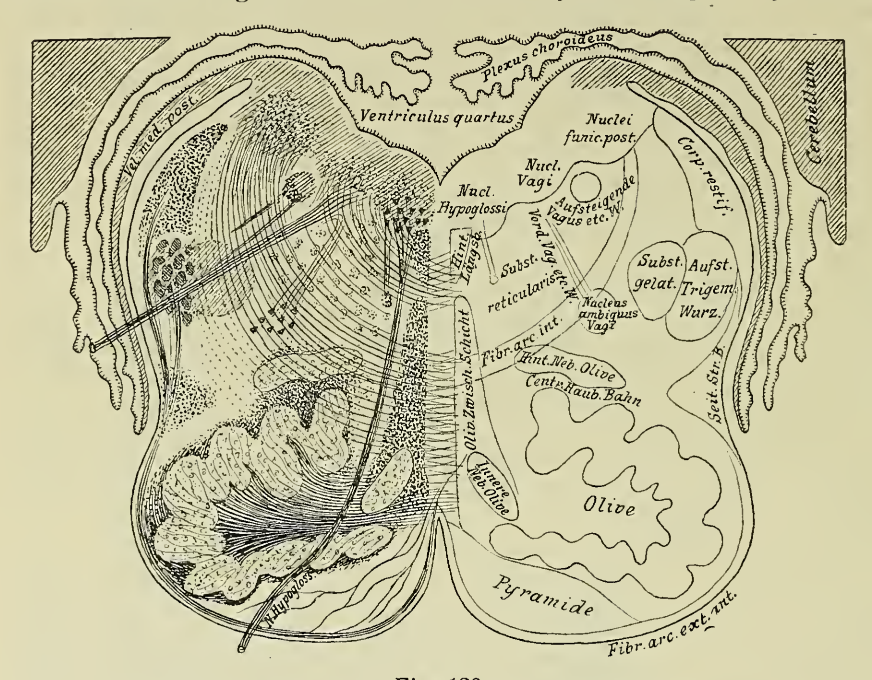


Fig. 130.

Schnitt durch die Oblongata im Niveau des XII. Anschnittes. Halbschema.

Anarthrie (Nucleus N. hypoglossi), Zirkulationsstörungen kommen ebenfalls häufiger durch Oblongataaffektion zustande.

Fast alle diese Symptome können in seltenen Fällen auch durch Großhirnaffektionen bedingt sein, da ja Zerstörung des zentralen Verlaufes der Hirnnervenfasern ganz wie die des Kernes oder der peripheren Nerven zu Lähmung führt. Lähmung verschiedener von Oblongatanerven versorgter Muskeln ist nur dann mit Sicherheit auf einen Herd im verlängerten Mark zu beziehen, wenn gleichzeitig Muskelatrophie besteht, und eine Zerstörung des eigentlichen Nervenstammes nach seinem Abgang vom Zentralorgan auszuschließen ist.

Die Kernsäule der Hirnnerven ist so lang, Fig. 128, daß man aus der Erkrankung des einen oder anderen Nerven leicht schließen kann, in welcher Gegend der Oblongata ein Herd sitzt. Seine Ausdehnung von unten nach oben läßt sich aus der Beteiligung der gekreuzten Gefühls- und motorischen Bahn

erschließen. Ob er nur eine oder beide Hälften der Oblongata oder Brücke trifft, das erhellt natürlich aus der Einseitigkeit oder Doppelseitigkeit der Symptome.

Ein Blick auf Fig. 130 lehrt Sie, wie groß ein Herd ist, der etwa den rechten Hypoglossus, Accessorius und die motorische Innervation der linken Körperhälfte befallen hat. Leicht können Sie sich an der Hand dieser Figur konstruieren, welche Beschaffenheit er haben muß, wenn beide Hypoglossi allein betroffen sind — Bulbärparalyse. Dann kann nur die Kernregion selbst in Betracht kommen. Ein Erkrankungsherd in der ganzen linken Seitenhälfte wird Accessorius, Atmung und die sensible Gesichtsinnervation — Trigeminuskern! — links, dazu die Muskel- und Hautsensibilität rechts — Seitenstrangbündel, Tractus bulbo-thalamicus! — stören. Ziehen Sie auf Pauspapier, das Sie über Fig. 130 legen, sich beliebig große Kreise und bestimmen Sie, welche Erscheinungen auftreten müssen, wenn innerhalb derselben das Gewebe zerstört wird.

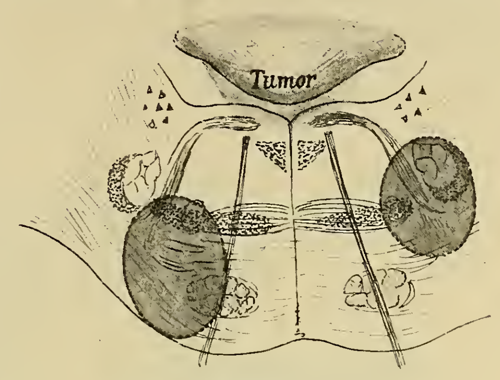


Fig. 131.

In Fig. 131—133 lege ich dann noch einige weitere Bilder vor, die als Beispiele dienen sollen, wie sich die Symptome einer Erkrankung an bestimmten Gebieten gestalten.

Der Herd links in Fig. 131 wird linksseitige Gesichtslähmung, linksseitige Abducenslähmung und rechtsseitige Gefühlsstörung am Körper machen. Der Tumor mitten in der Rautengrube kann durch Affektion des einen oder der beiden dorsalen Längsbündel die Fähigkeit zur Seitwärtsbewegung der Augen einseitig oder beiderseits vernichten. Läßt er die Kerne selbst frei, so kann dabei die Bewegung des Abducens selbst intakt bleiben. Außerdem wird er sich durch einseitige oder doppelseitige Facialisschwäche — Affektion des Facialisknies — verraten. Der Herd rechts wird außer einer rechtsseitigen Facialislähmung Gefühlsverlust im Gesichte rechts und am Körper links erzeugen, weil er die sekundäre sensible Körperbahn und die primäre Trigeminusbahn zerstört.

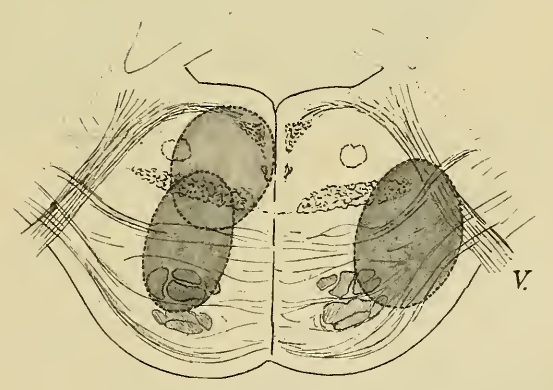


Fig. 132.

Trifft ein Erkrankungsherd die Brücke, so wird er, wie der in Fig. 132 links, gekreuzte motorische und sensible Lähmung erzeugen, mit oder ohne Beteiligung des gleichseitigen Trigeminus (s. Fig. 132 rechts).

Natürlich kann er auch, wie der Fig. 132 dorsaler liegende, andere Symptomkombinationen — Störung der kombinierten Augenbewegung und der gekreuzten Sensibilität — erzeugen.

Ein Blick auf unsere Abbildungen wird in vielen Fällen die Diagnose leicht ermöglichen.

Der Symptomenkomplex, welcher durch den Fig. 133 eingeschriebenen Herd erzeugt wird, wird nicht wesentlich verschieden von dem weiter kaudal gelegenen Fig. 132 demonstrierten sein, aber es werden vielleicht noch Gleichgewichtsstörungen — Bindearme — da sein, und es wird die Abwesenheit jeder sensiblen Störung im Gesicht schon auf frontalere Ebenen hinweisen. Der Trigeminus hat ja das Gehirn bereits verlassen.

Das Charakteristische, welches aus allen diesen Beispielen erhellt, ist die Affektion des Kopfbezirkes auf der Seite der Erkrankung, des Rumpfes und der Extremitäten auf der zu ihr gekreuzten Seite, die alternierende motorische und sensorische Lähmung.

Dies relativ einfache Verhältnis erleidet aber eine Einschränkung. Durch die Oblongata ziehen auch die kortikalen Bahnen zu den gekreuzten Hirnnerven. Sie können ebenfalls getroffen sein und es kann dann, durch einen linksseitigen Brückenherd etwa, auch Lähmung des rechten Facialis entstehen. Die Sprach- und Schluckstörungen durch größere Herde kommen gewöhnlich so zustande, isolierte Nervenerkrankungen aber sind auf diesem Wege zum Glück für den Diagnostiker eine allergrößte Ausnahme.

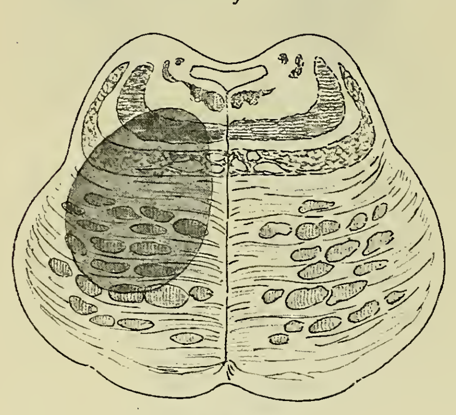


Fig. 133.

Begegnet Ihnen einmal ein Fall, der durch die Kombination seiner Symptome, Beteiligung ausgebreiteter Leitungszüge und nur einzelner Hirnnerven, wechselständige Gefühls- oder motorische Ausfallerscheinungen, den Gedanken aufdrängt, daß in der Oblongata oder Brücke die Unterbrechungsstelle liegen müsse, so wird es immer am einfachsten sein, wenn Sie an einer der früher gegebenen Abbildungen studieren, ob sie eine Stelle enthält, durch deren Zerstörung alle Unterbrechungen entstanden sein könnten. So wird es in vielen Fällen gelingen, ziemlich genaue Ausdehnung und Lage des Herdes zu ermitteln. Versäumen Sie aber nie, gleichzeitig, Fig. 218, die Abbildung der basalen Ansicht des Gehirnes zu studieren, weil auch durch Erkrankungen an der Hirnbasis sowohl Druck auf längere Bahnen als Zerstörung einzelner Nervenäste bedingt werden kann. Namentlich die schwartenbildende Meningitis kann zu Symptomenkomplexen führen, die von zentralen schwer unterscheidbar sind.

Vierzehnte Vorlesung.

Das Kleinhirn.

Das **Kleinhirn, Cerebellum** besteht aus dem Mittelstück oder Wurm (Vermis) und den beiden Hemisphären. Mit dem Zwischenhirne hängt es vorn durch die Bindearme aus dem roten Kerne, vordere Klein-

hirnschenkel, mit dem Vorderhirne ventral durch die Brückenarme, mittlere Kleinhirnschenkel, zusammen. Durch die ersteren bekommt es wesentlich Fasern aus dem Thalamus und dem Gebiete der Haubenstrahlung, durch die letzteren Züge aus der Rinde des Frontallappens, des Parietal- und des Temporallappens. Eine dritte Verbindung geht das Cerebellum durch die hinteren Kleinhirnschenkel, die Corpora restiformia, mit der Medulla oblongata und dem Rückenmarke ein.

Auf der vorstehenden Abbildung, welche das Kleinhirn von oben gesehen zeigt, wollen Sie beachten:

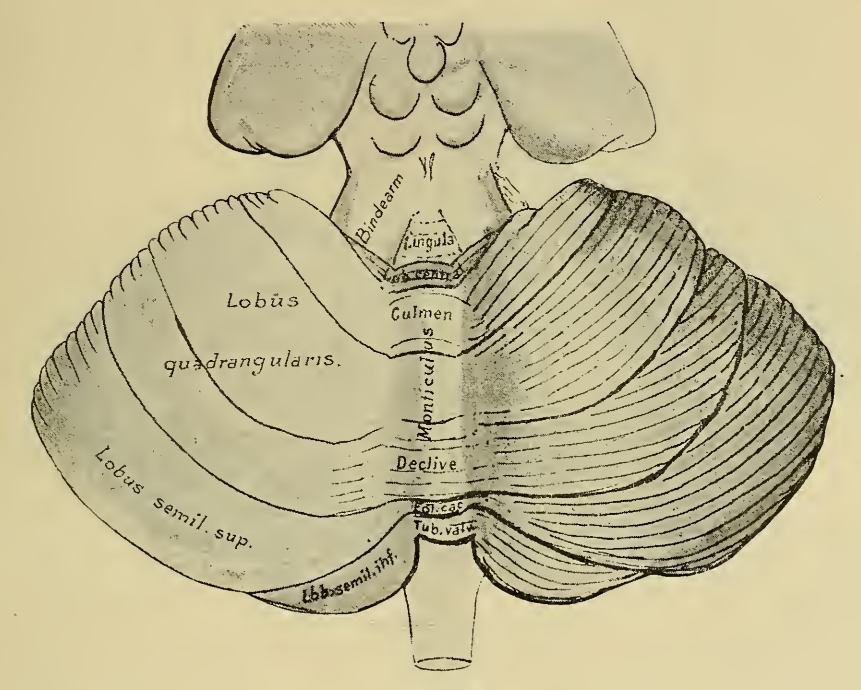


Fig. 134.
Das Cerebellum. Dorsale Seite.

1. Die Lage zu den Vierhügeln, unter denen die Bindearme zum Kleinhirne hervorkommen.
2. Die allgemeine Gestaltung, wobei in der Mitte der Wurm, beiderseits die Hemisphären zu merken sind. Wurm und Hemisphären zerfallen in einzelne größere Lappen. Die des Wurmes sind wie die Radspeichen eines Dampfschiffes um den Markkern des Wurmes gestellt. (Auf dem gerade durch den Wurm fallenden Schnitte Fig. 137 wird das klar.)

Der Wurm hängt rechts und links mit dem Marklager der Kleinhirnhemisphären zusammen, das an seiner Oberfläche durch tiefere Furchen in Lappen und durch flachere in Leisten geteilt ist.

Der dorsale Teil des Wurmes heißt Oberwurm. Er zerfällt in:

1. Lingula (Züngelchen), ganz vorn zwischen den Bindearmen.
2. Lobulus centralis (Zentrallapen), geht beiderseits in Alae lob. centr. über.
3. Monticulus (Berg), an dem man den vorderen Teil als Kulmen, den hinteren als Deklive unterscheidet.
4. Folium vermis (Fol. cacum. der Fig. 134), am hinteren Ende des Oberwurmes.
5. Tuber vermis (Tuber valv. d. Abbildung).

Der dorsale Teil der Hemisphären läßt unterscheiden:

1. Vorderer Oberlappen, auch Lobulus quadrangularis genannt; beiderseits vom Monticulus.
2. Hinterer Oberlappen, Lobus semilunaris superior. Die beiden hinteren Oberlappen hängen durch das Folium vermis unter sich zusammen.

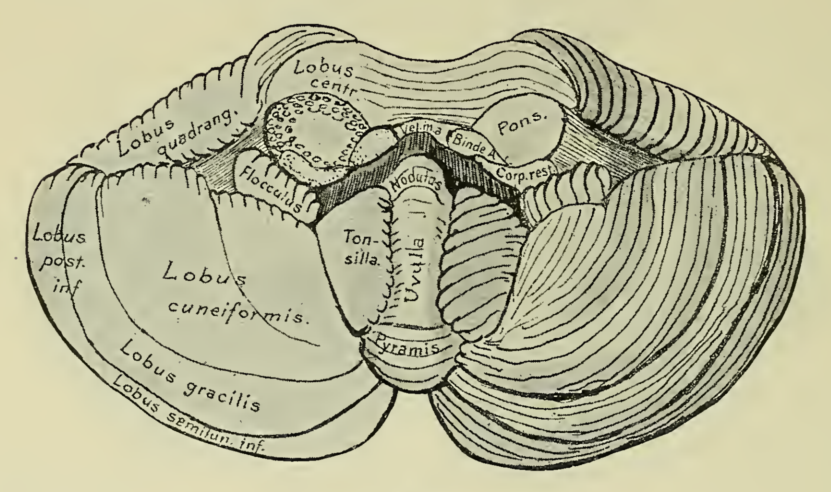


Fig. 135.
Das Cerebellum. Ventrale Seite.

Die Lappenbildung an der Unterfläche des Kleinhirns zeigt die Zeichnung der Fig. 135.

Sie bietet ein etwas kompliziertes Bild. Um nämlich das betreffende Präparat herzustellen, muß das Kleinhirn erst von seinen Verbindungen mit dem Mittelhirne, den Bindearmen also, dann von der Brücke und von dem Corpus restiforme, der Gesamtheit der zum Rückenmarke und verlängertem Marke gehenden Faserzüge, gelöst werden. So entstehen jederseits die 3 Querschnittsbilder der Kleinhirnschenkel. Zwischen den Bindearmen liegt eine dünne Membran, das Velum medullare anterius, auch ein Teil des Hinterhirndaches. Es ist durchtrennt auf dem Querschnitte sichtbar.

Die Lappen an der Unterseite des Wurmes (Unterwurm), Fig. 135, heißen:

1. Nodulus (Knötchen).
2. Uvula (Zäpfchen).
3. Pyramis (Pyramide).
4. Tuber vermis (Klappenwulst), ganz hinten, zum Teile noch auf der Dorsalseite gelegen.

In den Hemisphären liegt:

1. Beiderseits vom Nodulus die Flocke, Flocculus, an dem dünnen Pedunculus flocculi befestigt,
2. An der Uvula die Tonsilla, Mandel.
3. Außen von ihr der Lobus cuneiformis oder Lobus biventer.
4. Hinter ihm der hintere Unterlappen, Lobus posterior inferior, an dem man die vordere Hälfte als Lobus semilunaris inf. bezeichnet.

Auf nebenstehender Zeichnung sehen Sie die drei jederseits zum Kleinhirne ziehenden oben genannten Markfortsätze. Dieselben treten ein in den Markkern der Hemisphären, welcher sich in das Mark der einzelnen Lappen und von da wieder in das der Läppchen und Markleisten fortsetzt. Diese Markleisten sind von grauer Rinde überzogen, welche sich überall über sie hin faltet und so eine Ausdehnung gewinnt, die unverhältnismäßig größer ist, als die äußere Form und Größe des Kleinhirns erwarten ließen.

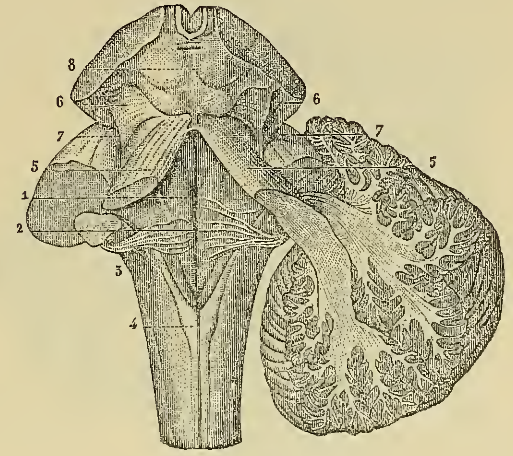


Fig. 136.

Die aus dem Mittelhirne, der Brücke und dem Rückenmarke zum Kleinhirne tretenden 3 Arme, nach Hirschfeld und Leveillé (Sappey). Man sieht unter den Vierhügeln 8, die oberen Schenkel oder Bindearme 5, hervortreten von der ventralen Seite kommen die mittleren Schenkel oder Brückenarme 7, und vom Rückenmarke her steigt der Strickkörper 3, als unterer Schenkel empor. Er kreuzt sich bei seinem Eintritte mit dem Bindearme. Zu bemerken sind noch auf dem Bilde die Rautengrube 1, die Striae acusticae 2, und die Clavae der Funiculi graciles 4. Bei 6 ist die Schleife zu suchen.

In den Hemisphären ist der Markkern ziemlich mächtig. Im Wurme ist er nur klein. Der beistehende mediane Sagittalschnitt durch das Kleinhirn geht gerade durch den Wurm. Er zeigt, wie sich dessen Mark vorn in eine dünne, nach den Vierhügeln zu ziehende Membran, das Velum medullare anticum, fortsetzt. Diese dünne, zwischen den Bindearmen ausgespannte Membran bildet das Übergangsstück vom Dache des Mittelhirnes zum Dache des Hinterhirnes. Auf ihr liegt das vorderste Läppchen des Oberwurmes, die Lingula.

Das eigentümliche Längsschnittbild des Wurmes führt seit alters den Namen Arbor vitae. Das zentrale Stück, das Marklager des Wurmes, heißt Corpus trapezoides. Lingula, Lobulus centralis,

Uvula und Nodulus münden getrennt in dasselbe ein. Eine Anzahl der Lappen des Monticulus vereinen sich vor der Einmündung zum vertikalen Ast des Arbor vitae; der hintere Teil des Monticulus, das Folium cacuminis und das Tuber valvulae, also die Lappen, welche um die hintere Kante des Kleinhirnes herum liegen, treten zum horizontalen Aste des Arbor vitae zusammen.

Die Einteilung des menschlichen Kleinhirnes, welche ich ihnen hier vorgetragen habe, stammt von Reil. So lange es nur auf das ärztliche praktische Bedürfnis ankommt, ist sie ziemlich genügend. Aber seit man das Kleinhirn der anderen Säuger kennen gelernt hat, weiß man, daß eine andere Einteilung vorzunehmen ist, eine solche, welche das überall vorhandene, das Prinzipielle, zum Ausdruck kommen läßt. Noch ist trotz der Untersuchungen von Bolk, Elliott Smith u. a. keine volle Einigung erzielt, aber immerhin will ich, besonders nach Elliott Smith, Ihnen mitteilen, wie man das Säugerkleinhirn einteilen kann. Fig. 138 möge als Leitschema dienen.

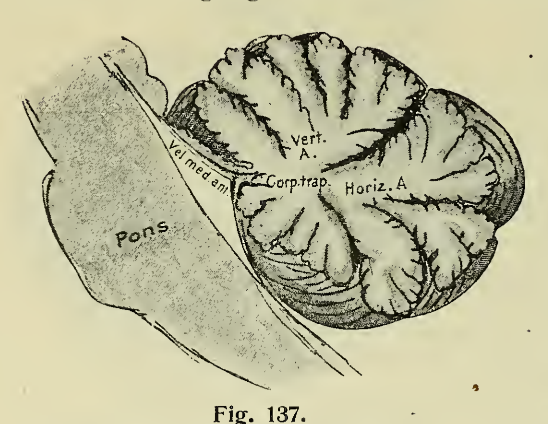


Fig. 137.
Sagittalschnitt durch die Mitte des Wurmes.

Jedes Kleinhirn besteht aus dem mächtigen Mittelstück und dem kleinen Lobulus flocculi lateral.

I. Das **Mittelstück**, Wurm und die Hemisphären des Menschen zusammenfassend, wird schon früh beim Embryo durch die sehr mächtige Fissura prima, später auch durch die kaudalere Fissura secunda, in drei mächtige Lappen geteilt: Lobus anterior, medius und posterior. Später erscheinen dann noch andere weniger konstante und nicht immer die ganze Breite des Kleinhirns überquerende Furchen. Ganz kaudal liegt die regelmäßige Fissura postnodularis.

Bei einem kleinen Beutler, Notoryctes, bleibt diese einfache Einteilung zeitlebens bestehen. Bei allen anderen Tieren aber treten bald Komplikationen auf. Wir müssen deshalb jeden Lappen einzeln betrachten.

A. Der Vorderlappen zerfällt immer in drei Abschnitte: Pars lingualis, ganz frontal, Pars praeculminata und Pars culminata, letztere etwa dem Culmen beim Menschen auf der Wurmhöhe entsprechend.

B. Viel komplizierter ist die Einteilung des Mittellappens. Man unterscheidet hier zweckmäßig zunächst die mediale Abteilung, welche im Inneren die großen Ganglien des Kleinhirnes enthält, von der lateralen.

a. Das Mittelstück, Vermis, wird durch kurze Querfurchen in eine Pars pyramidalis und eine Pars praepyramidalis geteilt.

b. Der Seitenteil Paravermis aber ist recht kompliziert gefurcht. Er bedingt im wesentlichen das bei verschiedenen Säugern verschiedene Aussehen des Cerebellums. Wahrscheinlich deshalb, weil er die Brückenarme aufnimmt, deren Entwicklung ja von der Hemisphärenentwicklung abhängt. Hinter die schmale Area lunata, den vordersten Abschnitt, schiebt sich bei den meisten Säugern ein dreieckiges Feld von außen her ein, das einer Feder gleich, auf der Oberfläche gerippt erscheint, die Area pteroidea (*πτέρος* = Feder).

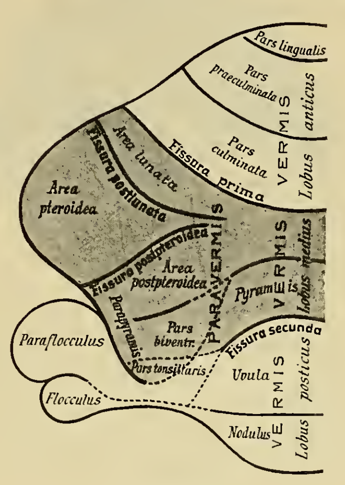


Fig. 138.

Schema eines Säugerkleinhirnes. Ansicht von oben. Alle Lappen auf der Fläche ausgebreitet, die Krümmung also ausgeglichen. Lobus medius etwas schattiert. Nach Elliott Smith.

Eine Furche, die Fissura postpteroidea trennt sie von der Area postpteroidea. Diese hat bei den meisten Säugern, besonders deutlich bei den Edentaten, Karnivoren und den Lemmuren (s. Fig. 139) das Aussehen eines seitlich am Kleinhirn hinkriechenden, vielgeteilten Wurmes. Sie ist dadurch immer leicht aufzufinden. Der kaudalere Lappen, die Area parapyramidalis bildet beim Menschen und den höheren Affen das, was oben (S. 205) als Lobus biventer und Tonsille beschrieben worden ist, die Pars biventralis und die Pars tonsillaris.

Einteilung des Lobus medius cerebelli.

Vermis	Pars praepyramidalis Pars pyramidalis.	
Paravermis	Area lunata Area pteroidea Area postpteroidea Area parapyramidalis	Area biventralis Area tonsillaris.

C. Der dritte Hauptabschnitt, der Lobus posterior cerebelli, welcher von dem Mittellappen durch die Fissura secunda getrennt ist, zerfällt bei fast allen Säugern in Uvula und Nodulus.

II. Seitlich an der Hauptmasse des Kleinhirns liegt die in der Säugerreihe sehr variable **Flockenformation**, die immer in einen Flocculus und Paraflocculus zerfällt. Der letztere, welcher frontal von der Flocke liegt, fehlt dem Menschen und den Anthropoiden fast ganz. Vielfach sendet er einen besonders ausgebildeten Zweig ventrolateral, den Lobulus petrosus paraflocculi.

Es ist natürlich nicht angängig, Ihnen hier das ganze Material, welches bereits über die Kleinhirnformation vorliegt, mitzuteilen, das

würde nur verwirrend wirken. Immerhin müssen Sie diese schematisch gehaltene Darstellung nun doch an einigen Beispielen mit der Wirklichkeit vergleichen. Ich lege Ihnen Abbildungen vom Kleinhirn des Hasen und dem eines Kapuzineraffen vor und demonstriere zum Schlusse ein menschliches Gehirn aus dem fünften Schwangerschaftsmonate, an dem die neuen Bezeichnungen eingetragen sind.

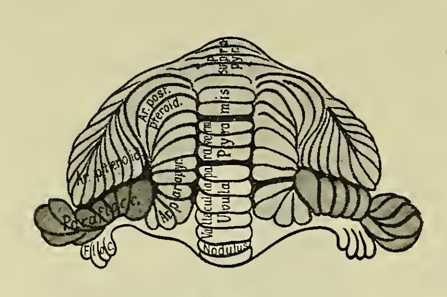


Fig. 139.
Cerebellum von Lemur. Nach Elliott Smith.

In die oben geschilderte Masse des Kleinhirnes münden nun die drei wiederholt genannten Arme jederseits ein. Sie treten in den mächtigen Markkern und gehen da Verbindungen mit grauen Kernen ein, außerdem senden sie Züge zur Kleinhirnrinde.

An der Rinde unterscheidet man schon bei schwacher Vergrößerung drei verschiedene Schichten. Am weitesten nach außen liegt die Zona molecularis, am weitesten nach innen, an das Markweiß grenzend, die Zona granulosa, und zwischen beiden findet man eine Lage sehr großer Zellen, die Purkinjeschen Zellen.

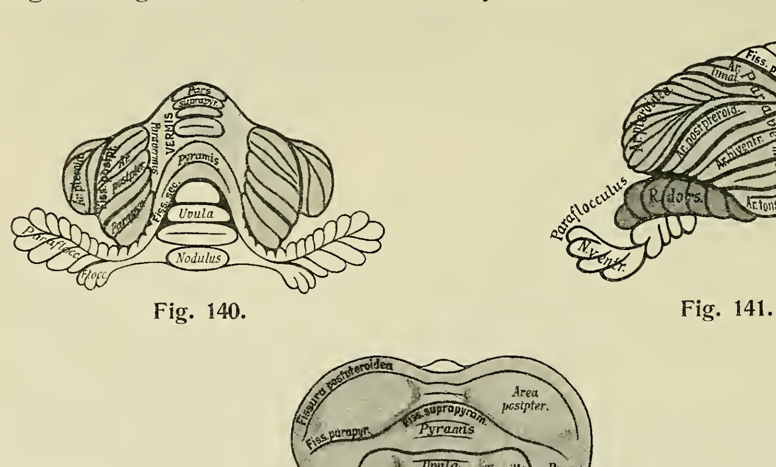


Fig. 140. **Fig. 141.**

Fig. 140—142.
Kleinhirntypen. Nach Elliott Smith. Fig. 140 Lepus, 141 Cebus, 142 Homo 5. Schwangerschaftsmonat.

Sie erinnern sich, daß ich Ihnen in der dritten Vorlesung mitgeteilt habe, wie wir annehmen müssen, daß im Zentralnervensysteme die Beziehung zweier Zellen zueinander anscheinend dadurch hergestellt werden, daß die Protoplasmafortsätze der

einen umgeben werden von dem aufgezweigten Achsenzylinder der anderen. Da man den Komplex: Zelle, Achsenzylinder, Aufsplitterung des letzteren als Neuron bezeichnet, kann man auch sagen: im ganzen Nervensysteme liegen unzählige einzelne Neurone; die Verbindung derselben untereinander findet immer durch Aneinanderlegen in der geschilderten Weise statt. Heute kann ich Ihnen in der Kleinhirnrinde all dieses auf die mannigfachste Weise verwirklicht vorführen.

Die Purkinje'schen Zellen — 1 der Fig. 143 — senden ihren Achsenzylinder hinab in die Zona molecularis und in das Marklager unter dieser. Auf dem Wege dahin gibt er Kollateralen ab, die zum Teil aufwärts umbiegen und sich um den Zellleib herum verästeln (s. Abbildung). Die Dendritenfortsätze sind außerordentlich reichlich entwickelt, namentlich in der Sagittalebene, in die Transversalebene treten viel weniger sein. Will man also Bilder bekommen, wie das Fig. 143 abgebildete, so muß man senkrecht zur Kleinhirnfurchung die Schnitte anlegen.

Das ganze reiche Geäst der Dendritenausläufer wird nun umsponnen von dicken Fasern (2 der Figur), die aus einer Zelle, wahrscheinlich der Olive, kommend, in das Kleinhirnmark eintreten, die Körnerschicht durchziehen und in der Molekularschicht sich aufzweigen. So ist jede Purkinjesche Zelle in Verbindung mit einem entfernten Orte gesetzt. Es gibt aber in der Molekularschicht auch eine Art Zellen, welche geeignet sind, eine Anzahl der Purkinjeschen Elemente untereinander in Verbindung zu bringen. Solche Zellen (3 der Fig. 143) entsenden einen langen Achsenzylinder ziemlich parallel der Oberfläche der Rinde, und aus diesem senkt sich von Stelle zu Stelle ein feiner Fortsatz herab. Derselbe tritt nahe an den Körper einer der großen Purkinjeschen Zellen und splittert sich dann, diesen mit seinen Endästen umfassend, auf.

Bei Embryonen trägt die Oberfläche des Kleinhirnes eine mehrreihige Schicht embryonaler Zellen, die im Laufe der ersten Lebensmonate verschwindet. Im Inneren der Molekularschicht sind noch mannigfache Zellarten bisher unbekannter Bedeutung zu finden.

Die Körnerschicht besteht zum größten Teile aus polygonalen kleinen Zellen (4) mit großem Kerne. Jede derselben entsendet eine kleine Anzahl sich bald verzweigender Dendriten und einen Achsenzylinder. Der letztere dringt nach außen in die Molekularschicht, und dort teilt er sich in zwei transversal zur Körperachse laufende feine Fasern. In der Figur kann man diese Teilung nur eben durch eine kleine Querlinie angedeutet sehen, weil der abgebildete Schnitt in sagittaler Richtung, also senkrecht zum Windungsverlaufe des Kleinhirnes, angelegt ist. Die zahlreichen Pünktchen in allen Höhen der Molekularschicht rechts unten entsprechen solchen quergetroffenen Teilästchen. Außer den eben erwähnten Zellen kommen in der Körnerschicht noch solche vor (5), deren Achsenzylinder sich zwischen den Körnern außerordentlich fein aufzweigt, während die Dendriten, nicht unähnlich denen der

Purkinjeschen Zellen, aber weniger verästelt, sich in die Molekularschicht verteilen. Solche Zellen — Golgizellen — liegen auch in der Molekularschicht selbst, in allen ihren Höhen. So sind sie wohl geeignet, die Molekularschicht mit der Körnerschicht zu verknüpfen. Ihre Achsenzylinderaufzweigung erstreckt sich oft auf weite Strecken, über mehrere Läppchen hin, wenn man den gelegentlich recht komplizierten



Fig. 143.

Schnitt in sagittaler Richtung durch die Rinde des Cerebellums nach Behandlung mit der Methode von Golgi. Zusammenstellung einzelner da beobachteter Zellen auf einen Schnitt. Nach Zeichnungen von S. R. y Cajal und v. Gehuchten. Es sind mehr Zellarten (Hill u. a.) bekannt.

Bildern, welche im Fasergewirre der Kleinhirnrinde zu sehen sind, ganz trauen darf.

Gleich den Umspinnungsfasern, welche, in die Molekularschicht eintretend, dort die Purkinjezellen umfassen, treten auch Fasern (6), — Moosfasern hat sie S. y Cajal genannt — durch dicke Aufsplitterungen ihrer Enden, in Beziehung zu den kleinen Dendriten ihrer Körper. Auch sie entstammen wohl den Olivenzellen.

Wie Sie sehen, liegt also in der Rinde des Cerebellums ein außerordentlich komplizierter Apparat vor, ein Apparat, der wohl geeignet ist, Elemente sehr verschiedener Art und Herkunft untereinander zu verbinden.

An dem Schnitte, den ich Ihnen hier in Fig. 144 vorlege, soll gezeigt werden, wie die Fasern aus dem Kleinhirnweiß in dicken, markhaltigen Zügen in die Rinde eintreten, wie von diesen Zügen im Bereiche der Körnerschicht zumeist nur gewundene Teilstücke auf dem Schnitte sichtbar sind, und wie ein wahrer Plexus markhaltiger Nervenfasern in sagittaler Richtung unter und zwischen den Purkinjeschen Zellen einherzieht. Einzelne in gleicher Richtung ziehende dünne, markhaltige Fasern — auf der Figur nicht sichtbar — kommen auch noch ein kleines Stück über die großen Zellen hinaus, in der Molekularschicht vor.

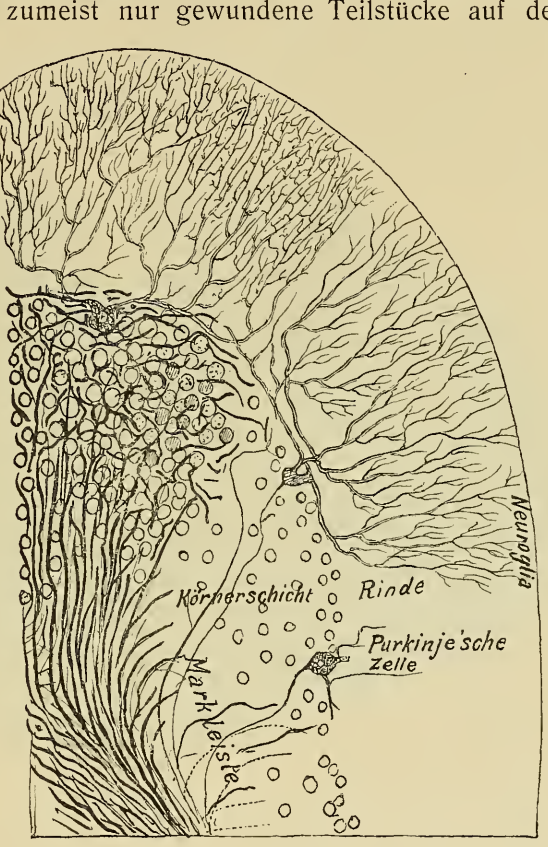


Fig. 144.
Schnitt durch die Rindenschicht des Cerebellums. Färbung mit Hämatoxylinkupferlack.

Die Beschreibung der Kleinhirnrinde lege ich Ihnen auch deshalb mit manchem Detail vor, weil neuere Untersuchungen gezeigt haben, daß auch hier bei der progressiven Paralyse Faserschwund und andere Veränderungen vorkommen können. Es kann deshalb die Kenntnis der anatomischen Verhältnisse für Untersuchungen im Bereiche der Pathologie große Wichtigkeit gewinnen.

Alle Rindenpartien sind durch guirlandenförmige, ihrer Kontur folgende Faserzüge untereinander verknüpft.

Außer in der Rinde bietet das Kleinhirn noch im Wurminneren Anhäufungen grauer Substanz.

Diese, beim Menschen durch Stilling längst eingehend studiert,

sind neuerdings durch Weidenreich bei den verschiedensten Säugetierarten beschrieben worden. Nach diesem Autor kann man immer in der Mittellinie einen großen Kern, den Nucleus medialis, erkennen, dem sich beiderseits ein Nucleus lateralis anterior und posterior und schließlich ganz lateral ein Nucleus externus (W. nennt ihn lateralis) anschließen. Bei den kleinen Säugern sind alle diese Kerne mehr oder weniger stark untereinander durch graue Züge verknüpft, bei den größeren, namentlich aber beim Menschen, gewinnen sie scharfe Sonderung.

Beim Menschen liegt der Nucleus externus an der Grenze von Wurm und Hemisphären in die Markmasse eingebettet, er ist ein großer, vielfach

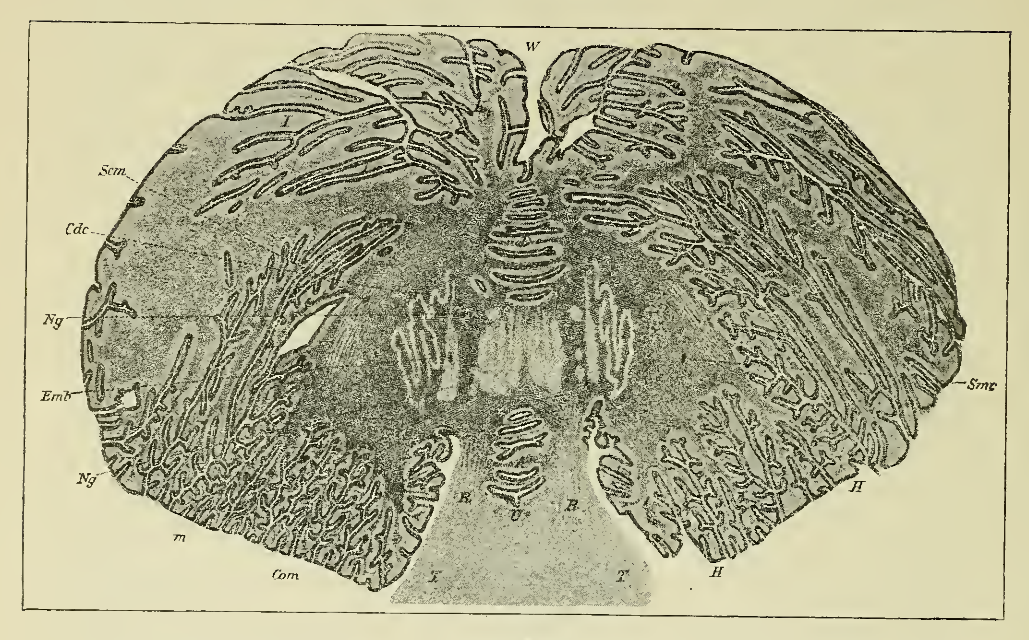


Fig. 145.

Horizontalschnitt durch das Kleinhirn. Der Schnitt durchtrennt vorn die Gegend unter den Vierhügeln *T*, dann die Bindearme *R* und zwischen diesen die Lingula *U*. Vor dieser liegen im Wurme die Dachkerne *m*, der Kugelkern *Ng*, der Pfropf *Emb* und in den Hemisphären beiderseits das Corpus dentatum cerebelli *Cdc*. Die Linie bei *Com* weist auf die vordere Kreuzungskommissur hin. Bei *Sem* die Fibrae semicirculares. Nach B. Stilling.

gefalteter Körper, das Corpus dentatum. Medial von ihm werden weitere graue Massen angetroffen; zunächst ein längliches Ganglion, der Pfropf, Embolus, dann der Kugelkern, Nucleus globosus, ein längliches Gebilde mit kugliger Anschwellung am hinteren Ende, schließlich am weitesten medial im Wurme der Dachkern, Nucleus tegmenti, identisch mit dem Nucleus medialis der anderen Säuger. Am besten bringt man diese Kerne auf einem fast horizontal durch das Cerebellum geführten Schnitte zu Gesicht, wie ihn Fig. 145 nach einer Abbildung aus B. Stillings Atlas zeigt.

An einem solchen Schnitte erblicken Sie in der Mitte den Markkern des Wurmes mit den Dachkernen, vor demselben eine Faserkreuzung, die vordere Kreuzung des Wurmes. Rechts und links schließen sich die Marklager der Hemisphären an, in denen die Kugelkerne, der Pfropf und am weitesten außen das gefältete Markblatt des Nucleus dentatus sichtbar werden. Die tiefen Einschnitte in die Oberfläche entsprechen den Furchen zwischen den Lappen. Zwischen den Bindearmen (*RR*) liegt, wie ich vorhin erwähnte, auf dem Velum medullare anticum die Lingula; sie ist (*U*) ebenfalls in der Horizontalebene durchschnitten.

Alle die Kerne in den Marklagern, welche Sie eben sehen, sind durch Züge grauer Substanz untereinander in Verbindung. Ihre Beziehungen zur Faserung des Markes sind ungenügend bekannt.

Bisher haben wir von den Bestandteilen des Markweißes nur die guirlandenförmigen Züge erwähnt, welche einzelne Windungspartien mit anderen, meist nahe benachbarten, verknüpfen. Diesen an Menge relativ geringen Eigenzügen der Rinde stehen größere Fasermassen gegenüber, welche aus der Rinde entspringen oder mit den Armen in sie eintreten, auch solche, welche die einzelnen Kleinhirnteile mit der Rinde oder mit peripheren Nervenkernen verbinden.

Die Arme des Kleinhirnes. Der Faserverlauf.

Sie haben erfahren, daß aus drei „Armen" jederseits Züge an das Cerebellum herantreten. Jeder dieser Arme ist aber aus mehreren Faserarten zusammengesetzt, also nur im makroskopischen Sinne einheitlich. Bis vor kurzem wußte man nur wenig über das Verhalten der Kleinhirnfaserung, trotzdem Benedikt Stilling lange Jahre der Arbeit auf ihr Studium verwendet hatte. Es sind aber durch die Arbeiten der letzten Jahre, ganz besonders durch diejenigen, welche die Degenerationen verfolgten, die nach totaler oder partieller Entfernung des Cerebellums eintreten, schon eine ganze Anzahl wichtigerer Anhaltspunkte zur Topographie geliefert. So ist es endlich möglich, die Abstammung der einzelnen Arme klarzulegen und das alte Stillingsche Schema besserer Einsicht zu opfern.

Die vergleichende Anatomie und die Degenerationsversuche zeigen gleichmäßig, daß man, sobald die Kleinhirnverbindungen untersucht werden, scharf zu unterscheiden hat zwischen Hemisphärenrinde und Wurmrinde, und zwischen Rinde und Kleinhirnganglien. Das Corpus dentatum rechne ich — aus vergleichend anatomischen Gründen — dem Mittelstücke zu. Nicht Weniges, was in der Degenerationsliteratur über Entartung nach Hemisphärenverletzung gesagt ist, bezieht sich auf Verletzung des lateralen Wurmes.

1. Die Verbindung des Cerebellums mit der Rinde des Großhirnes wird hergestellt durch die Brückenarme.

Aus den Ganglienzellen der Rinde des Stirn- und Schläfenlappens, wahrscheinlich auch aus Teilen des Scheitellappens, entspringen die

Tractus cortico-cerebellares. Sie verlaufen durch die Capsula interna zu den medialen und zu den ganz lateral liegenden Abschnitten des Hirnschenkelfußes und gelangen mit diesem in die Brücke. Ihre Züge splittern hier in den Brückenganglien auf und aus diesen entspringen dann die Tractus ponto-cerebellares, welche die gekreuzte Kleinhirnhemisphäre erreichen. Ein kleinerer Teil scheint auch in die gleichseitige Hemisphäre zu gelangen. Da die Brückenarme aus Eigenganglien entspringen, so kann man sie weder durch Abtragung der Kleinhirnhemisphären noch durch Zerstörung des Hirnschenkelfußes ganz zur Entartung bringen. In jedem der beiden Versuche aber tritt beträchtlicher Schwund, besonders in der Faserung ein. Ich sah sie in einem Fall von angeborenem völligen Fehlen einer Hemi-

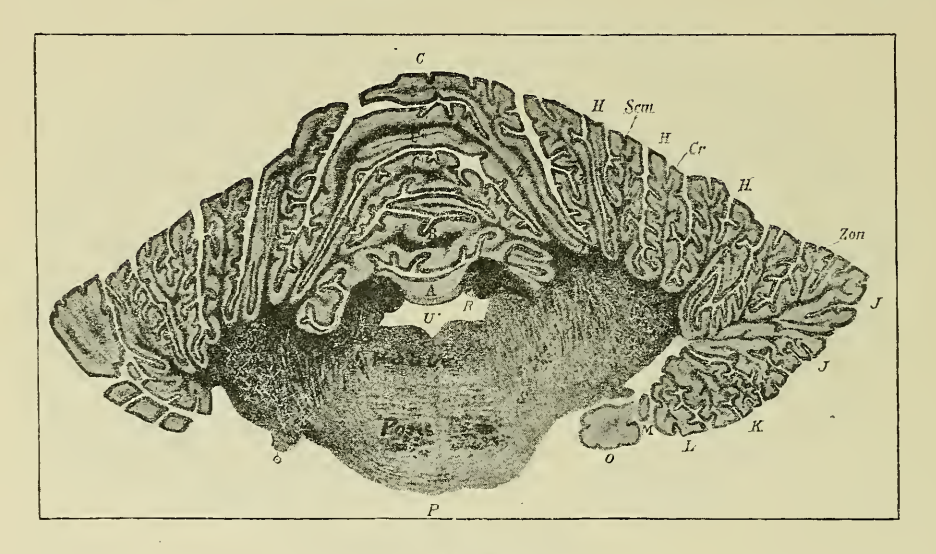


Fig. 146.

Eintritt der Brückenarme. Schnitt nahe vor dem Culmen des Berges in frontaler Richtung durch das Cerebellum fallend. Nach B. Stilling. *U** Ventriculus quartus, *R* Bindearm, *P* Pons, *Zon* Kreuzungszonen, *Cr* Züge aus dem Corpus restiforme, gehen in die halbzirkelförmigen Fasern *Sem* über, *S* Gegend des Austrittes der Trigeminuswurzeln.

sphäre bis auf ein Minimum verdünnt, aber nicht geschwunden. Ebenso hat man auch nach sehr alten Großhirnherden nur Atrophien gefunden.

Wenn man dicht hinter der Stelle, wo die Brückenarme in das Kleinhirn eintreten, einen Schnitt in frontaler Richtung anlegt (Fig. 146), so wird dorsal das Cerebellum, ventral der Pons und die von ihm ausgehende Faserung getroffen, welche sich beiderseits in den Hemisphären verliert.

Woher das innerhalb der Brückenfaserung verlaufende, aber in der Haube endende, aufsteigende Bündel stammt, ist noch unbekannt.

2. Die frontalen Kleinhirnarme oder Bindearme sind echte Tractus cerebello-tegmentales.

Sie stammen, wie anatomisch und durch zahlreiche Degenerationsversuche nachgewiesen ist, aus dem Nucleus dentatus des Kleinhirnes, ziehen frontal und kreuzen unter den Vierhügeln, um schließlich in großen Kernen der Mittelhirnhaube (Meynert) und im Thalamus (Thomas) zu enden. Wahrscheinlich enthalten sie auch noch einige Züge aus der Kleinhirnrinde.

In den großen Haubenkernen enden außer den Kleinhirnfasern auch solche aus dem Großhirne; aus ihren Zellen entspringt eine kreuzende Bahn, die sich zum Rückenmarke begibt. So ist hier reichliche Gelegenheit zu Verbindung ganz fernliegender Hirnteile gegeben.

Nach Degenerationsversuchen von Probst spalten sich vom ventralen Bindearm Faserbündelchen ab, welche nicht der Hauptbahn folgen, sondern den Weg zum ventralen Thalamus durch die dorso-laterale Brückenhaube wählen.

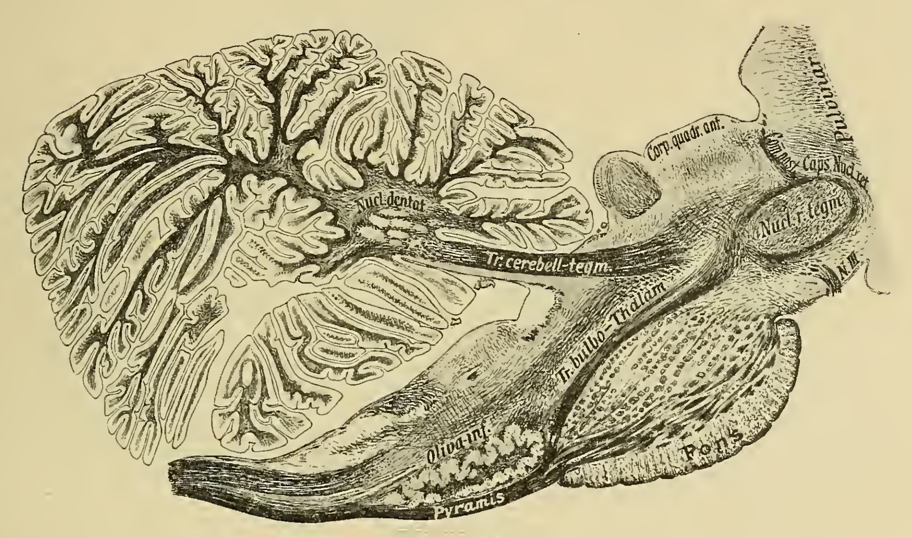


Fig. 147.

Ein Sagittalschnitt durch das Kleinhirn im Niveau der austretenden Bindearme. Zeigt deren Verlauf vom Ursprung bis zur Kreuzung.

Daß der Bindearm im wesentlichen nur dem Corpus dentatum entstammt, geht nich nur aus den anatomischen Bildern hervor. In einem von Dejerine und Thomas beschriebenen Falle war, trotz Atrophie der gesamten Kleinhirnrinde, der Tractus cerebello-thalamicus intakt. Die Brücke und das Corpus restiforme waren hochgradig atrophiert.

Mit dem Bindearm gelangt auch ein Rückenmarksbündel in das Kleinhirn. Von dieser, der ventralen Rückenmark-Kleinhirnbahn (siehe S. 194), wissen wir nur die Endstätte in der frontalen Wurmrinde. Der Ausgangspunkt im Rückenmarke ist unbekannt. Wir wissen, daß der Zug auf seinem langen Wege zahllose Kollateralen an Kerne der Oblongata abgibt, auch daß er die Pyramidenbündel oben umspinnt, da, wo sie sich zur Kreuzung anschicken, und daß er schließlich lateral

über den Bindearm emporsteigend im Velum anticum kreuzt und dann kaudal zieht (s. Schema S. 218).

3. Die kaudalen Kleinhirnarme, Corpora restiformia, ziehen ganz lateral an der Oblongata in die Höhe, nehmen aus ihr

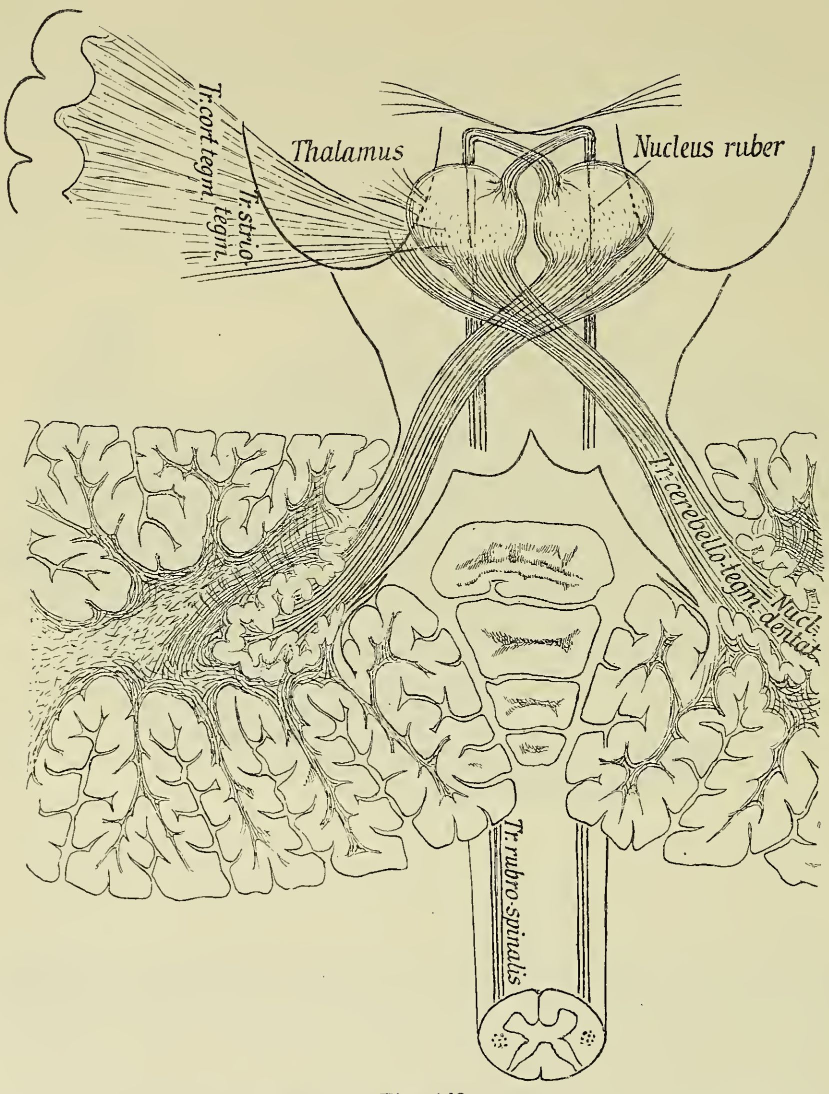


Fig. 148.
Ein Horizontalschnitt durch das Kleinhirn. An die austretenden Bindearme sind (halbschematisch) der weitere Verlauf und die Bahnen zum roten Haubenkern angeschlossen.

zahlreiche Fasern auf und senken sich in kaudal gerichtetem Zuge in das Kleinhirn ein.

Diese dicke Fasermasse besteht aus zwei ganz verschiedenartigen Bündeln. Sie enthält nämlich (beim Menschen als Hauptmasse) die

Fasern aus den Oliven zum Kleinhirne und dann ein System von Faserzügen, die alle das gemeinsam haben, daß sie in sehr nahe Beziehungen zu sensiblen Nerven des Rückenmarkes und der Oblongata treten.

Altererbt ist nur der letztere Abschnitt; der erstere, die Fasern aus den Oliven zum Kleinhirn, ist bisher nur für die Säuger sichergestellt. Wenn sie bei niederen Vertebraten überhaupt vorkommen, sind sie sicher nur sehr gering entwickelt.

Das Corpus restiforme endet fast ausschließlich im Mittelstücke des Kleinhirnes, wo seine einzelnen Faserteile sich verschiedenen Gebieten zuwenden.

Wesentlich in der dorsalen Wurmrinde, besonders in den frontalen Abschnitten, enden die Bahnen aus dem Rückenmarke.

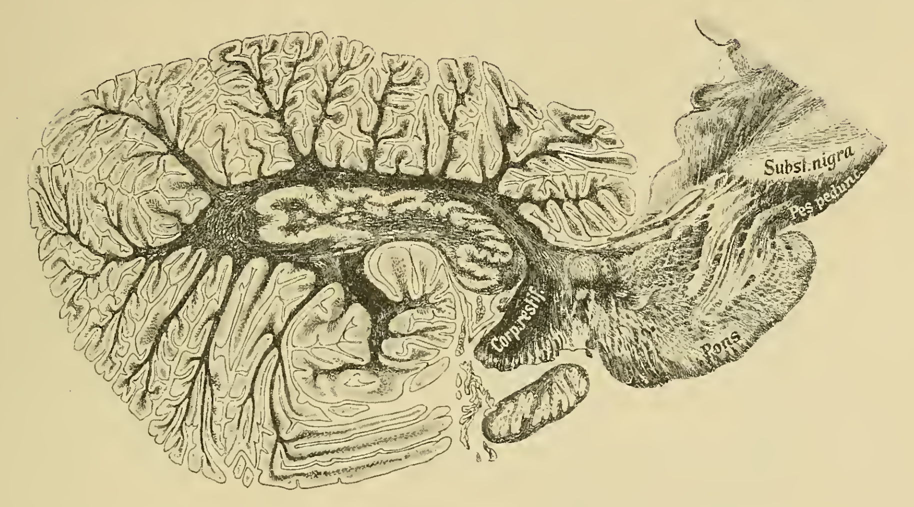


Fig. 149.

Sagittalschnitt durch das Kleinhirn in der Ebene des Restiformeeintrittes. Zeigt den Verlauf des unteren Kleinhirnarmes innerhalb des Kleinhirnes zu gutem Teile. Zur Orientierung über die Schnittebene beachte man den lateralen Abschnitt der Olive ventral von dem Corpus restiforme.

Ebenda, aber besonders in kaudaleren Teilen, enden die Olivenbahnen.

Im Bereiche der Kleinhirnkerne enden besonders die Bahnen aus den Hirnnerven, doch treten solche zweifellos auch zur Rinde.

Betrachten wir nun die einzelnen Anteile des unteren Armes etwas näher. Es hat viel Mühe und Arbeit gekostet, ihre anatomischen Beziehungen klarzustellen.

Für das Meiste, was hier vorzutragen ist, finden Sie in Fig. 151 die notwendige anatomisch-bildliche Darstellung.

1. Den Tractus olivo-cerebellaris (Fig. 87) habe ich schon früher geschildert. Sie erinnern sich, daß die Fasern aus den beiden Oliven, zum Teil natürlich nach Kreuzung in der Mittellinie, dorsal-

wärts ziehen und sich als periphere Schicht an den Strickkörperanteil aus dem Rückenmarke anlegen. Mit ihm zusammen treten sie als dicke Fasermasse in das Kleinhirn ein. Sie umkreisen den Nucleus dentatus auf der lateralen Seite, um sich dann in das Innere des Wurmes zu wenden. Dabei kreuzt wieder ein Teil in der dorsalen Wurmkreuzung. Es ist Keller geglückt, bei der Katze eine Olive zu zerstören. Er sah dann die Degeneration in der Wurmrinde selbst, besonders in deren dorsalen Abschnitten enden. Nach S. R. y Cajal ist es sehr wahrscheinlich, daß jene in das Kleinhirn tretenden Fasern Nr. 143 unserer Fig. 143, welche mit moosartigen Aufsplitterungen an die Dendriten der Körnerschichtzellen herantreten, vielleicht auch die sehr ähnlichen Fasern, welche die Purkinjezellen samt allen ihren Achsenzylindern umspinnen, die Endfasern aus der Olive sind.

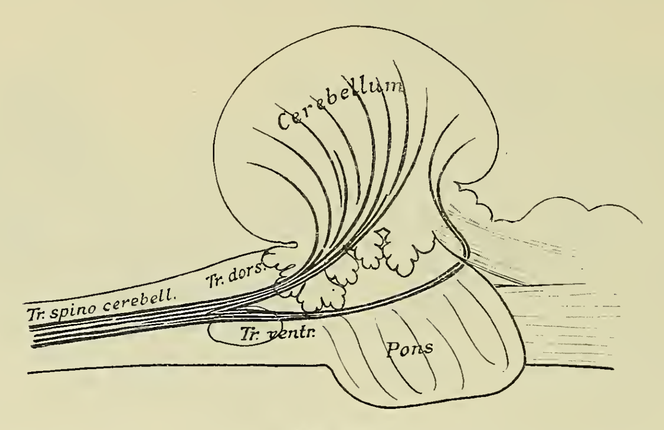


Fig. 150.
Die dorsale und die ventrale Abteilung des Tractus spino-cerebellaris in ihrem Verhalten zu Rückenmark und Kleinhirn.

2. Die Verbindungen des Kleinhirnes mit dem sensiblen Apparate sind durch mannigfache Faserzüge gegeben:

a) Zunächst gelangt aus dem Rückenmarke der Tractus spino-cerebellaris dorsalis Flechsigs Kleinhirnseitenstrangbahn in langem Zuge von den Zellen der Stilling-Clarkeschen Säule, um die ja Endpinsel von Hinterwurzeln aufzweigen, herauf zur Oblongata und von da gleich mit den Olivenfasern in das Cerebellum. Das vereinte Bündel tritt, lateral von dem Nucleus dentatus aufsteigend, in den Wurm ein, wo mindestens die Fasern aus dem Rückenmarke kreuzen um in dorsalen Abschnitten der Wurmrinde zu enden (Fig. 111). Tractus spino-cerebellaris und Tractus olivo-cerebellaris zusammen machen die Hauptmasse des Corpus restiforme aus. Der ventrale Abschnitt des Tractus spino-cerebellaris, das Gowerssche Bündel, trennt sich, wie bereits erwähnt wurde, in der Oblongata von der Hauptmasse, zieht weiter frontal und gelangt an die Außenseite des vorderen Kleinhirn-

armes (Fig. 150). Dort wenden sich (L. Auerbach) seine Bündel kaudalwärts und treten via Velum medullare anterius in das Kleinhirn. Sie haben bereits früher erfahren, daß dieser letztere Zug durch zahlreiche Kollateralen mit den verschiedensten Höhen der Oblongata Beziehungen herstellt.

Beide Faserbündel degenerieren, wenn sie im Rückenmarke zerstört werden, aufsteigend und total bis in den Oberwurm hinein.

b) Die direkte sensorische Kleinhirnbahn. Medial von den eben genannten Zügen aus dem Rückenmarke und der Olive liegt eine eigene, bereits von Meynert abgeschiedene Abteilung des Corpus restiforme, welche ganz aus Bahnen zu den sensiblen Kernen der Oblongata und aus direkten Bahnen aus einzelnen Hirnnerven besteht. Ich habe dieses System, als ich erkannte, daß es durch die Markscheidenbildung und durch sein universelles Vorkommen in der ganzen Wirbeltierreihe sich auszeichnet, auch daß es nur zu sensiblen Hirnnerven in Beziehung tritt, als direkte sensorische Kleinhirnbahn bezeichnet.



Fig. 151.
Schema der Tractus ponto-cerebellares, der Tractus cerebello-nucleares und der Tractus cerebello-olivares.

Es handelt sich um ein uraltes System. Bei den Haien ist es das einzig nennenswert ausgebildete im Kleinhirn. Das ganze Cerebellum der Selachier ist im wesentlichen nur Endapparat für Teile der sensiblen

Kopfnerven. Das weist darauf hin, daß in diesem System der Grundapparat für den Kleinhirnmechanismus liegt, daß die anderen Faserbeziehungen sich diesem erst allmählich addiert haben.

Die direkte sensorische Kleinhirnbahn enthält Fasern aus den Wurzeln wahrscheinlich des Trigeminus und sicher des Vestibularis und dann einen viel stärkeren Anteil, der die Hirnnervenkerne mit dem Kleinhirn verbindet, den Tractus cerebello-nuclearis.

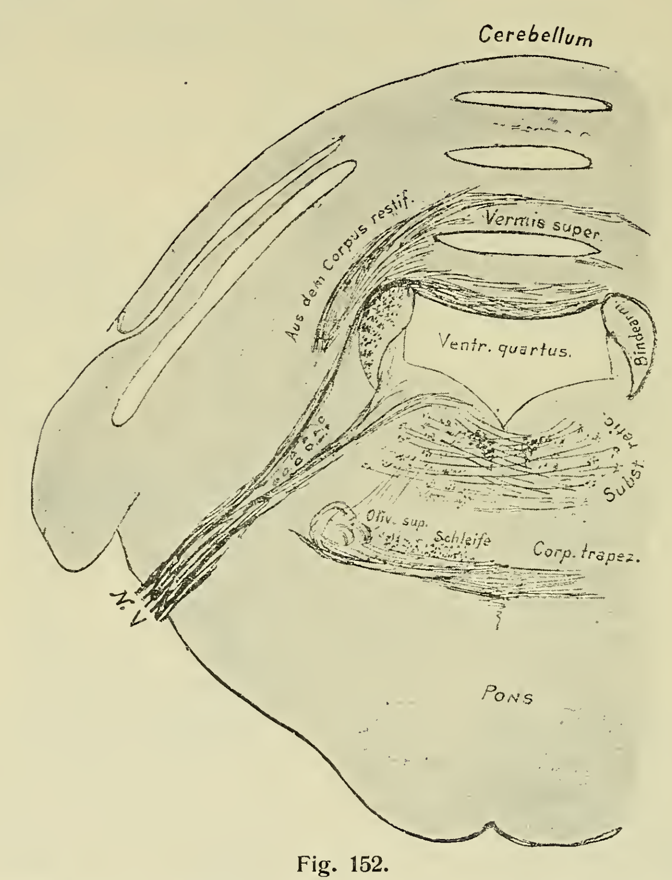


Fig. 152.

Frontalschnitt durch Cerebellum und Pons einer Frucht von 26 Wochen. Alle markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin gefärbt. Der direkte Zug zum N. V. sichtbar.

Die direkten Wurzelfasern aus dem Akustikus und dem Trigeminus waren schon Meynert und Stilling bekannt. Erst Bechterew hat für den ersteren Nerven nachgewiesen, daß die Wurzelendstätte in einem Kerne lateral vom Nucleus tegmenti liegt. Sie haben diese anläßlich der Vestibularisbeschreibung kennen gelernt. Die Bahn aus dem Trigeminus ist bei Föten leicht zu sehen (Fig. 152) aber es ist noch nicht gelungen, sie sicher nach Zerstörung des Nerven in der Peripherie zur Entartung zu bringen.

Besser bekannt, namentlich auch durch Degenerationsbilder, welche Ferrier und Turner, sowie Thomas u. A. erhielten, ist die Verbindung zwischen Kleinhirn und sensorischen Hirnnervenkernen, Tractus cerebello-nuclearis. Da es sich immer nur um sehr kurze Fasern handelt, so ist noch nicht festgestellt, welche Degenerationsrichtung sie haben. Sie entarten nach Kleinhirn- und nach Kernverletzungen. Wahrscheinlich ist die Bahn doppelläufig. Der Tractus cerebello-nuclearis entspringt oder endet zum größten Teile in den ventralen Ganglien des Wurmes, dem Nucleus tegmenti, dem Nucleus globosus usw. Diese Ganglien erstrecken sich von der Eintrittsstelle der kaudalen Arme am lateralen Rande der Oblongata bis zu dem beiderseits von der Mittellinie liegenden Nucleus tegmenti. Der ganze Raum ist mit Zellen verschiedenen Aussehens erfüllt, aus denen dann die Fasern der Traktus stammen. Wahrscheinlich kommt die Hauptmasse aus den Nuclei tegmenti, vielleicht gesellen sich auch Züge aus der Wurmrinde selbst bei. Vereint tritt dann die ganze Masse am Seitenrande des Ventrikels herab, um in den Kernen des Trigeminus, dann in denjenigen des Akustikus und des Vagus zu enden. Auch der Deiterssche und der Bechterewsche Kern, welche noch innerhalb des Kleinhirnes selbst liegen, erhalten einen Zuwachs aus dieser alle Hirnnervenkerne versorgenden Faserung.

Die Züge zu den beiden erstgenannten Nerven sind leicht erkennbar, die Endigung im Vaguskerne, welche anatomisch komplizierter gelagert ist, wird durch den sehr deutlichen Ausfall des Kernnetzes im dorsalen Vaguskern bewiesen, welche in einem Falle von angeborenem Kleinhirnmangel auf der Seite der fehlenden Kleinhirnhälfte nachweisbar war.

Die Fasern des Tractus cerebello-nuclearis, welche am weitesten kaudal ziehen, enden in dem Kern der deszendierenden Akustikuswurzel und in den Hinterstrangkernen.

Sie bilden in der frontaleren Oblongata (Fig. 116) ein eigenes Areal, das vom Akustikuseintritt bis zu den Hinterstrangkernen verfolgt werden kann. Im gleichen, zum gemeinsamen sensorischen Felde (Fig. 97, S. 160) gehörenden Areal liegen auch absteigende Wurzelbahnen des Vestibularis.

3. Es gibt im Corpus restiforme noch einen Zug unbekannter Herkunft, der in die Oblongata eintritt, aber schon in der Region der Seitenstrangkerne verloren geht.

Die Neuroglia des Kleinhirnes ist zunächst dem Ventrikel, wie überall, wo Hohlräume begrenzt werden, ein dichtes Geflecht; auch in der weißen Substanz ist sie mindestens gleichmächtig wie überall im Markweiß entwickelt, in der Körnerschicht aber fehlt sie bei gesunden Individuen so gut wie völlig, nur bei Paralytischen hat Weigert, von dem diese Angaben alle stammen, dort mächtige Wucherung der Glia gefunden. In der Umgebung der Purkinjeschen Zellen liegen dann bis in die innerste Schicht der Molekularschicht hinein kleine dünnere Plexus; in der Molekularschicht selbst sind bisher nur relativ spärliche, senkrecht zur Oberfläche stehende, dicke Fasern — die Bergmann-Deitersschen Fasern — bekannt. Der Oberfläche des normalen Kleinhirnes fehlt das sonst überall am Nervensystem vorhandene hüllende Glianetz.

Bei allen Embryonen, auch bei Nichtsäugern, findet man aber als äußerste Schicht der Kleinhirnrinde eine oder mehrere Lagen von rundlichen Zellen, die später verloren gehen.

Das Äußere des Kleinhirnes ist durch Malacarne, Reil und Burdach so geschildert worden, wie wir es heute kennen. Die Erforschung des inneren Baues geschah durch F. Arnold, Reil, Kölliker, Meynert, namentlich aber durch B. Stilling. Neuere Untersuchungen über die Zusammensetzung der Arme stammen von Bechterew, Marchi, Minghazzini, Ferrier und Turner, von Pellizzi, von Thomas, von Klimoff und besonders von Probst. Über die Kleinhirnrinde existiert eine ganze Literatur, zu der namentlich Purkinje, Gerlach, Kölliker, F. E. Schultze, Obersteiner, Bevor Beiträge lieferten. Genauere Einsicht in den Bau erhielt man aber erst durch Studien von Golgi, Ramon y Cajal, Kölliker und von Gehuchten. Hier wie an vielen anderen Stellen hat erst die Verbesserung der technischen Methoden einen Fortschritt da ermöglicht, wo die eifrige einfache Beobachtung nur wenig zutage förderte.

Dieser Überblick der Kleinhirnarme lehrt, daß im Cerebellum ein Apparat gegeben sein muß, welcher besser als irgendein anderer des Zentralnervensystems geeignet ist, irgendwie die aus dem sensorischen Apparat anlangenden Eindrücke auf motorische und regulatorische Apparate zu übertragen.

Das Kleinhirn empfängt Impressionen aus mindestens 3 verschiedenen Quellen. Aus den Endkernen der cortico-pontinen Bahn entspringen die Brückenarme, die also Rezeptionen aus dem Großhirn zuführen. Aus den Endstätten der sensiblen Nerven des Rumpfes und Nackens, ebenso aus den Endstätten des Vestibularis erwachsen ihm durch die Tractus spino-cerebellares und durch die Tractus nucleo-cerebellares weitere Eindrücke.

Schließlich erhält es Rezeptionen aus dem mächtigen, zwischen Rückenmark und Thalamus eingeschalteten Olivenapparat. Die erstgenannte und die letztgenannte Bahn fehlen den niederen Vertebraten, treten erst allmählich zunehmend bei den Säugern auf. Sie gehören also nicht zum Grundmechanismus des Kleinhirnes. Dieser wird, wie ganz besonders die Verhältnisse bei den Haien lehren, wo das Cerebellum sehr mächtig entwickelt ist, wesentlich von den sekundären sensiblen Wurzelfasern angeregt.

Aus dem Kleinhirn weg führen Bahnen einmal zu den Kernen der Augenbewegungen via dorsales Längsbündel, welches zweifellos die Augenbewegungen und durch seinen zum Rückenmark absteigenden Teil wohl auch Rumpfbewegungen reguliert. Aus dem gleichen Zentrum, dem Deitersschen Kern, entspringt dann noch eine direkte Bahn zum Rückenmarke. Diese Züge mögen es wohl erklären, daß, wie zuerst Ferrier gefunden hat, Reizung besonders des Wurmes zunächst Abweichung der Augen nach der gereizten Seite zur Folge hat, dann aber auch zu gleichseitigen Rumpf- und Extremitätenbewegungen führen kann.

Eine zweite mächtige, aus dem Cerebellum fortleitende Bahn ist der Bindearm, der im roten Kern der Haube endet, wo Thalamuszüge ihn indirekt und Stabkranzbahnen ihn direkt mit dem Großhirn verknüpfen.

Dieser Primärapparat erhält bei den Säugern noch den Zuwachs des Olivenapparates — unbekannter Funktion — und denjenigen aus dem Großhirne. Der letztere vermag wahrscheinlich mancherlei Störungen auszugleichen, welche durch Kleinhirnausfall entstehen, dafür spricht das Verhalten von Tieren, denen man das Cerebellum abgetragen hat und der Umstand, daß bei Menschen mit angeborenem Kleinhirndefekte fast alle Störungen sich im Leben allmählich ausgleichen. Bei Tierversuchen wären demnach die Säuger unter ganz anderen Gesichtspunkten zu betrachten als die niederen Vertebraten. Das ist bisher nicht geschehen.

Schon diese Verbindungen lassen vermuten, daß in dem Cerebellum ursprünglich ein Apparat gegeben ist, der irgendwie mit der Statik des Körpers zu tun hat, denn alle zuleitenden und die Mehrzahl der ableitenden Bahnen dienen nur dieser. Die vergleichend anatomische Betrachtung lehrt auch, daß die ursprünglich dünne Kleinhirnplatte des Petromyzon, die bei Amphibien und den meisten Reptilien noch ein einfaches Plättchen ist, sich durch Faltungen da vergrößert, wo besondere Ansprüche an die Bewegungsfähigkeit herantreten. Bei den schwimmenden Reptilien z. B. verdoppelt sich durch Umschlag die bei den übrigen einfache Platte. Bei den Fischen ist die Faltelung um so mächtiger, je bessere Schwimmer sie sind.

Das Experiment und die klinische Beobachtung stehen mit diesen aus dem Bau gefolgerten Schlüssen in Einklang und führen in der Erkenntnis wesentlich weiter.

Wegnahme einer Kleinhirnhemisphäre führt zu einem sehr komplizierten Krankheitsbilde. Es treten die allermannigfachsten Paresen und Spasmen nebeneinander ein. Alle Bewegungen werden so ataktisch, daß die Tiere manchmal nicht fressen können. Sie stürzen und taumeln und sie ermüden enorm schnell. Das alles kann zu gutem Teile sich allmählich ausgleichen, nur ein sehr starker Tremor bei jeder intendierten Bewegung bleibt bestehen. Der Gang wird förmlich zickzackartig.

Werden beide Hemisphären mit dem Wurme weggenommen, so sind die Erscheinungen zunächst nicht so heftig, aber im Prinzip die gleichen. Namentlich die Unsicherheit der Nackenmuskulatur und der Hinterstränge fällt auf. Alle Muskeln am ganzen Körper sind enorm geschwächt. Mit Ausnahme des Intentionstremors kann sich alles — wohl durch Eintreten anderer Hirnteile — allmählich ausgleichen.

Die Zerstörung des Wurmes allein oder die Sagittalspaltung des ganzen Kleinhirnes führt zu ähnlichen Erscheinungen wie die geschilderten Abtragungen, aber sie gehen früher zurück.

Wenn man, wie natürlich, die Reizerscheinungen von den Ausfallerscheinungen trennt, so erkennt man, daß die ersteren ganz vorwiegend durch die Zerstörung der Stiele des Kleinhirnes erzeugt werden. Durchschneidung des einen oder anderen Stieles bringt sehr intensive Reizerscheinungen hervor. Die Ausfallerscheinungen können allmählich, wohl durch Eintreten anderer regulatorischer Bahnen, ausgeglichen werden. Einer meiner Patienten, mit völligem Mangel einer Hemisphäre und der entsprechenden Wurmhälfte seit der Geburt, bot auch bei wiederholter sorgfältigster Untersuchung nie ein abnormes Zeichen. Aber in der Jugend war er aufgefallen, weil er immer ungeordnete Kopfbewegungen machte, auch weil er den Kopf immer schief trug. (Berliner klin. Wochenschr. 1898. Nr. 4.)

Eine besondere Rolle in dem Ausgleich spielt zweifellos die Großhirnrinde, von der auch andere Einflüsse auf das Kleinhirn bekannt sind.

Löwenthal und Horsley, dann Sherrington haben gefunden, daß die Muskelstarre, welche bei allen Tieren durch Großhirnreizung und oft durch Großhirnabtragung erzeugt werden kann, sofort schwindet, wenn das Kleinhirn — beim Affen kommen Wurm und der größte Teil der Hemisphäre in Betracht — gereizt wird.

Man kann sich die Bedeutung des Kleinhirnes etwa in der folgenden Weise vorstellen:

Alle Rezeptionen, welche die Muskeln, Gelenke, Sehnen usw. von der Außenwelt erhalten, werden auf den bekannten Bahnen zu dem Cerebellum geleitet. Dazu kommen noch diejenigen, welche via statischen Apparat im Labyrinthe aufgenommen werden. Im Kleinhirnapparat erfolgt die notwendige Regu-

lierung des Tonus der Muskeln und ihrer feineren Motilität. Außerdem werden hier die für die Statik so wichtigen Augenbewegungen reguliert. Wahrscheinlich erfolgen alle diese Regulationen gleichseitig und zu geringerem Teile auch gekreuzt. Großhirnrinde und Thalamus wirken auf einen bereits zu gewissem Teil geregeltem Bewegungsapparat ein. Ganz speziell erhält das Kleinhirn den Tonus und die Koordination der Nacken- und Stammmuskulatur, Haltung und Gang so regulierend.

Die Symptomatologie der Kleinhirnerkrankungen ist noch relativ unbekannt. Einmal weil im Organismus Einrichtungen bestehen, welche für ausfallende Cerebellarfunktionen kompensierend eintreten können, dann weil wir offenbar noch nicht ausreichend diagnostisch sehen gelernt haben. Noch entgehen uns zu viele Abweichungen vom Normalen. In dem früher erwähnten Falle von Mangel einer Cerebellarhälfte, der seit der Fötalzeit bestand, hat keinerlei für unser heutiges Erkennen nachweisbares Ausfallsymptom bestanden. Zweifellos war sehr vieles kompensiert. Bei der Enge des Raumes unter dem Tentorium, in welchem das Cerebellum liegt, sind bei Tumoren usw., welche es betreffen, neben den Lokalsymptomen oft die Nachbarschaftssymptome oder die Allgemeinsymptome, welche von dem vermehrten Schädelinnendruck herrühren, besonders gut ausgeprägt.

Die Symptome, welche Erkrankungen der Kleinhirnhemisphären machen, sind noch ganz unbekannt. Erkrankungen des Wurmes, besonders seiner kaudalen Abteilung, oder Beteiligung des Wurmes bei Hemisphärenerkrankung, erzeugt eine Reihe von Lokalsymptomen. Vor allem die cerebellare Ataxie. Sie haben gesehen, daß in dem Wurme einerseits Fasern aus allen Endkernen der sensiblen Hirn- und Rückenmarksnerven enden und daß andererseits ebenda ein Assoziationsapparat entspringt, derjenige des Deitersschen Kernes, welcher wohl geeignet ist, alle Bahnen, die zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes dienen, zu beeinflussen. Denn gerade durch diesen Apparat lassen sich auch Störungen in der Augenstellung und in der Kopfstellung erklären, welche gelegentlich bei Kleinhirnerkrankungen vorkommen. Da das vermittelnde Bündel, das dorsale Längsbündel, durch die Oblongata bis zu den Vierhügeln hin verläuft, so können natürlich auch von anderen Punkten dieses Verlaufes aus die gleichen Symptome entstehen. Die Tierversuche weisen darauf hin, daß man bei Wurmerkrankungen auch auf eine gewisse Schwäche des Muskeltonus zu achten haben wird. Als Frühsymptom ist manchmal Schwindel, echter Drehschwindel, von Wichtigkeit, er kann während des ganzen Verlaufes von Kleinhirnerkrankungen anfallsweise auftreten.

Noch nicht sicher entschieden ist, ob eine gewisse Tremorform, welche viel Ähnlichkeit mit ataktischem Zittern hat, ein Herdsymptom oder ein Nachbarsymptom ist. Das gleiche gilt von einer ähnlichen ataktischen Sprachstörung.

Kleinhirnerkrankungen machen direkt weder motorische Ausfallerscheinungen, noch auch psychische Störungen.

Nachbarschaftssymptome kommen bei Kleinhirnaffektionen vor allem von seiten des Pons, der Medulla oblongata und der Vierhügel zustande. Am verlängerten Marke und am Pons können zuerst die extramedullären Wurzeln oder das Mark selbst beteiligt werden; später wird beides zugleich affiziert. Besonders wichtige Symptome sind hier die alternierende Hemiplegie und eventuelle Hemianästhesie — Facialis-Abducens an der Seite des Tumors, Extremitäten gekreuzt, gelähmt — oder die Blicklähmung nach der Seite des Tumors. Die Extremitäten allein können auf der Seite des

Tumors oder auf der anderen gelähmt sein, je nachdem der Tumor ober- oder unterhalb der Pyramidenkreuzung einwirkt. Auch der plötzliche Tod, der bei Kleinhirnaffektionen häufig ist, ist wohl ein Nachbarschaftssymptom von seiten der Medulla oblongata. Das erste Symptom von seiten der extramedullären Nerven sind manchmal Trigeminusneuralgien.

Nachbarschaftssymptome von seiten der Vierhügel sind doppelseitige Ophthalmoplegien, die meist die äußeren Äste des Oculomotorius und den Trochlearis beteiligen, die inneren Augenmuskeln und den Abducens freilassen. Sie sind bei Kleinhirntumoren ganz besonders häufig.

Die Allgemeinsymptome sind dieselben wie bei anderen Hirngeschwülsten, sie zeichnen sich nur durch besondere Intensität aus. Es sind die Stauungspapille, die hier häufig früh zur Erblindung führt, Kopfschmerz, besonders im Hinterkopfe, manchmal mit Nackenstarre, hartnäckiges Erbrechen, Konvulsionen, von denen besonders tonische mit Opisthotonus erwähnt seien.

Die Diagnose ist, wenn die Symptome ausgeprägt sind, meist leicht. Die Nachbarschaftssymptome sind bei ihrer Prägnanz von größter Wichtigkeit. Natürlich müssen, um die Diagnose Cerebellarkrankheit begründet erscheinen zu lassen, die Lokalsymptome den Nachbarschaftssymptomen vorangehen. Die letzteren allein gestatten nicht selten auch die Diagnose der erkrankten Kleinhirnhälfte.

Vierhügelerkrankungen können ganz dieselben Erscheinungen wie die Kleinhirnerkrankungen bedingen — hier dürfte meist die Ataxie erst auf die Ophthalmoplegie folgen, umgekehrt wie bei Kleinhirnaffektionen. Eine der cerebellaren ganz gleiche Ataxie kann durch Großhirnaffektionen bedingt werden, hier weisen die übrigen Symptome auf eine Erkrankung einer Großhirnhemisphäre hin (Bruns).

Erkrankungen der Kleinhirnschenkel werden isoliert nur äußerst selten beobachtet. So kommt es, daß über die Symptome, welche zu erwarten sind, wenn einer derselben befallen wird, nur recht wenig noch bekannt ist. Langsam eintretende Zerstörung eines Brückenarmes kann, wie es scheint, ganz symptomlos bleiben. Bei Erkrankungen, welche einen Reiz ausüben, bei Blutungen z. B. und Tumoren, kommen manchmal Zwangsbewegungen, meist Rollungen, bald nach der gesunden, bald nach der kranken Seite vor. Auch Zwangshaltung des Rumpfes oder nur des Kopfes, desgleichen Zwangsstellung mit oder ohne Nystagmus sind bei reizend wirkenden Erkrankungen eines Brückenschenkels beobachtet. In den Kellerschen Versuchen an der Katze hinterließ die Zerstörung einer Olive keine dauernden Bewegungsstörungen.

Fünfzehnte Vorlesung.

Das Mittelhirn.

Am frontalen Ende der Brücke treten aus ihr die Hirnschenkel aus (Fig. 117, 154). Legt man hier einen Querschnitt an, so bietet er gegenüber den Schnitten, welche ich aus der Ponsregion demonstriert habe, dem Verständnis keine Schwierigkeiten.

Fast alles, was da (Fig. 153) zu sehen ist, ist Ihnen aus der vorletzten Vorlesung wohlbekannt. Nur ventral und dorsal hat sich etwas verändert in dem Bilde. Ventral sind die sämtlichen Bahnen des Fußes nun frei von der überziehenden und zerklüftenden Brückenfaserung und

ihren Ganglien, und dorsal ist der Ventrikel, dadurch verengt, zum Aquaeductus Sylvii geworden, daß an Stelle des Velum medullare anterius im Dache die Vierhügel auftreten. Schleifenschicht, Bindearmkreuzung, dorsales Längsbündel usw. liegen noch genau da, wo sie auf dem zuletzt demonstrierten Schnitte (Fig. 126) gelegen haben.

Die Fußabteilung. Die beiden mächtigen Hirnschenkel ziehen aus dem frontalen Brückenrande etwas divergierend frontalwärts und tauchen dann — an dieser Stelle bedeckt von dem Tractus opticus — in die Tiefe des Vorderhirnes (Fig. 154).

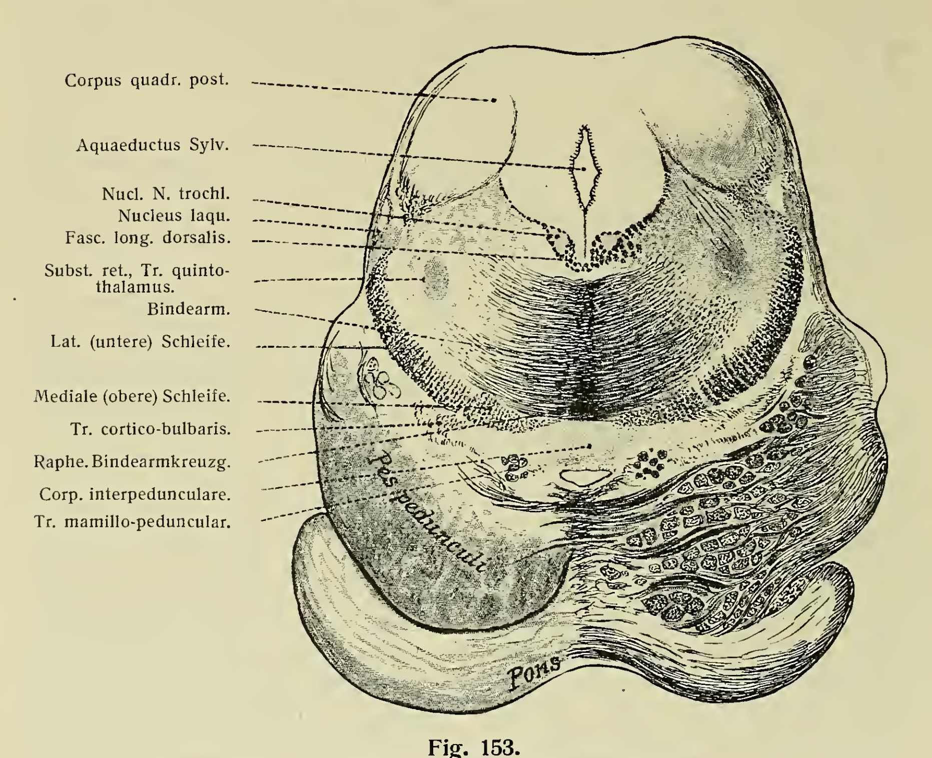


Fig. 153.
Schnitt durch die Gegend des frontalsten Brückenendes, Erwachsener.

Was an der Hirnbasis sichtbar ist, gehört der Fußfaserung an, von der Haube sind nur die Außenseiten sichtbar, an denen die laterale Schleife emporsteigt. Eine seichte Furche liegt zwischen Fuß und Haube. Aus ihr entwickelt sich — bei Menschen nicht regelmäßig — ein dünnes Bündelchen, das die Fußfaserung von außen her umgreift und an ihrer Innenseite wieder verschwindet, der Tractus peduncularis transversus.

In der Fasermasse des Hirnschenkelfußes treten Bahnen sehr verschiedener Herkunft aus dem Großhirne hinab zur Brücke und zum Rückenmarke. Entwicklungsgeschichtliche Studien, namentlich aber die genaue Verfolgung sekundärer Degenerationen, welche von Großhirn-

herden veranlaßt werden, ermöglichen allein, den Ort zu bestimmen, wo die einzelnen Bahnen liegen.

Es liegt bereits eine nicht geringe Anzahl gut beobachteter Fälle von partieller Fußdegeneration vor, so daß sich heute mit einiger Sicherheit eine Einteilung der Fußfaserung geben läßt. Nach Déjèrines Untersuchungen, welche wohl das größte bisher untersuchte Material umfassen, liegen im lateralsten Fünftel des Fußes Fasern, welche aus

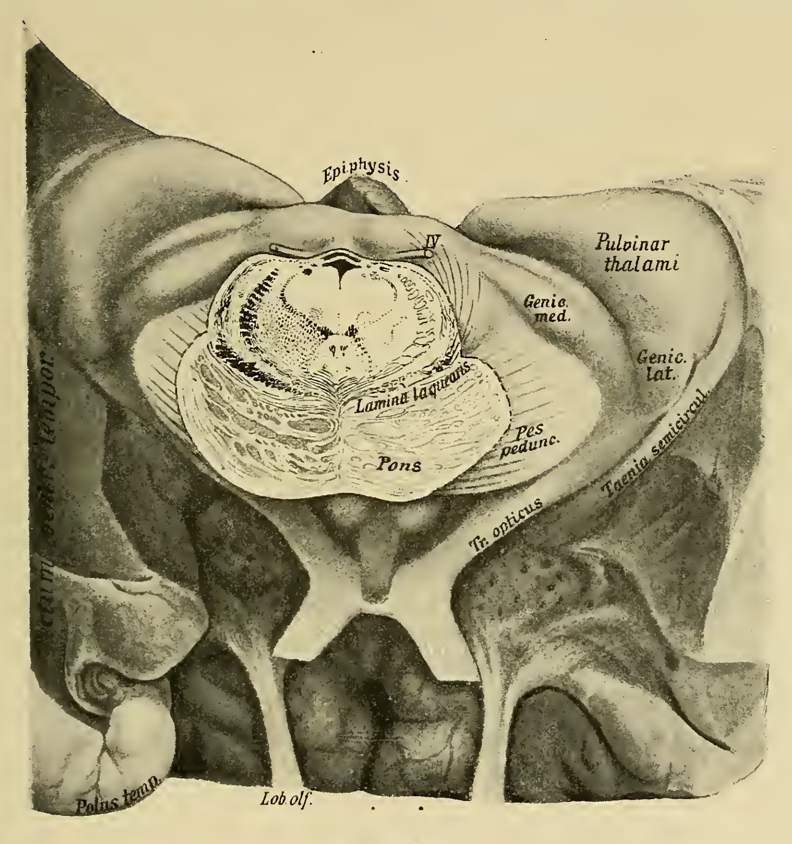


Fig. 154.

Schnitt durch die Brücke. Blick auf das Mittelhirn. Die aus der Brücke austretenden Fußbahnen des Hirnschenkels.

dem mittleren Teile des Schläfenlappens stammen, und im medialsten solche, die aus der Gegend des Operculum hierher herabziehen. In den medialen 3 Fünfteln liegen dann die Fasern aus dem kaudalen Abschnitte des Stirnlappens und aus der eigentlichen motorischen Zone. Alle diese Züge stammen ganz direkt aus Rindenzellen und entarten, wenn sie irgendwo zwischen Rinde und Brücke unterbrochen werden. Im mittleren Drittel des Fußes etwa liegt der Tractus cortico-spinalis, die Pyramidenbahn, das einzige Bündel, welches von den Fußfasern weiter als bis in die Brücke gelangt. Ihm liegt medial der motorische Faserzug

zu den beiderseitigen Kernen des Facialis und Hypoglossus, wohl auch zum motorischen Trigeminus an. Aber zu diesen Nerven gelangt — Hoche — noch ein anderes Faserbündel, welches hier im Hirnschenkelfuß, dorso-lateral von den Pyramidenfasern liegt. Dieser nach meinen Erfahrungen an Stärke sehr wechselnde Zug wird durch die Brückenfasern so von der übrigen Fußfaserung abgespalten, daß er in die Schleifenschicht zu liegen kommt und mit dieser spinalwärts zieht. Auf seinem ganzen Wege durch die Brücke und Oblongata gibt er — aus

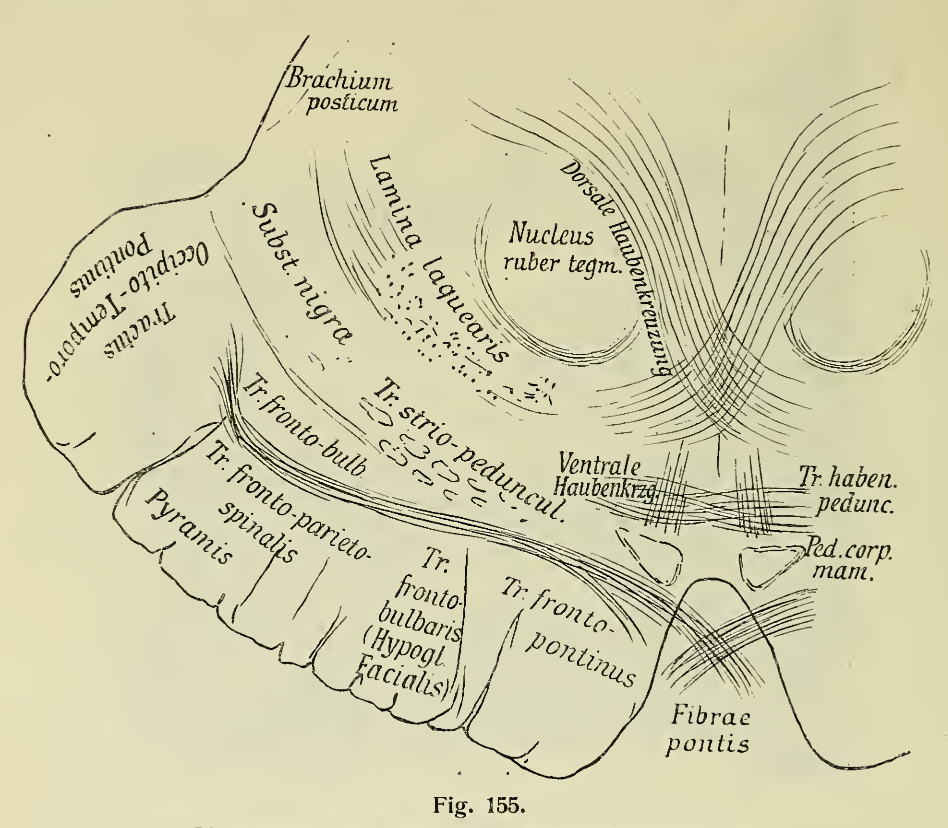


Fig. 155.

Die einzelnen Abteilungen und Faserqualitäten im Hirnschenkelfuße.

der Schleifenschicht — Fasern zu den motorischen Kernen ab und ganz kaudal, in der Hypoglossusgegend, wo die Schleife, und die Pyramide wieder dicht aneinander liegen, vereinigt er sich wieder mit der letzteren. Es handelt sich hier um einen Tractus cortico-bulbaris zu den Hirnnervenkernen, der nicht konstant ist und sich im Hirnschenkelgebiete schon von der Fußfaserung trennt, um diese erst ganz nahe am Rückenmarke wieder zu erreichen.

Dieses Bündel hat verschiedene Namen empfangen: Bündel von der Schleife zum Fuße (Bechterew), laterale pontine Bahn (Schlesinger), Pes lemniscus (Déjèrine) u. a.

Der als Tractus fronto-bulbaris (Hypogl.) Fig. 155 bezeichnete mediane Zug wechselt in dem kurzen Verlaufe des Hirnschenkelfußes seinen Ort. Die Fasern wenden sich, ehe sie hirnwärts ziehen, lateral, überqueren den Pedunculus und bilden da, wo er in das Großhirn eintaucht, fast die lateralste Schicht. Es ist fraglich, ob dieses Bündel zu den Hirnnervenkernen von dem vorgenannten abzuscheiden ist. Nach Déjèrine handelt es sich nur um einen andersartigen Verlauf des oben erwähnten Bündels vom Fuß zur Schleife. Diese Anschauung hat viel für sich.

Die ganze Fußfaserung wird durchquert von mächtigen Fasern aus dem Corpus striatum. Diese treten von dorsal hier in sie ein, sie scheinen eine Verbindung zwischen Haube und Fuß herzustellen — Bündel vom Fuß zur Haube, Kammsystem des Fußes.

Die Zwischenschicht. Dicht vor der Brücke treten zwischen Fuß und Haube einige bisher nicht beschriebene Bahnen und Kerne auf.

Eine breite ganglienzellreiche Schicht, die sich durch ihr schwarzes Pigment schon makroskopisch sofort auf dem frischen Schnitt geltend macht, legt sich dorsal von der Fußfaserung an. Es ist die Substantia nigra Sömmeringi, ein Ganglion noch unbekannter Bedeutung, das aber reichliche Faserzuflüsse erhält. Aus der Fußfaserung gelangen (s. Fig. 170) viele Bündel hinein und aus dem Corpus striatum des Vorderhirnes endet ebenfalls in der Substantia nigra eine mächtige Faserung. Diese gesamte Schicht wird als Zwischenschicht des Mittelhirnes — Stratum intermedium — seit Meynert zusammengefaßt.

In der Zwischenschicht liegen reichliche markhaltige Nervenfasern. Sie bleiben immer dann erhalten, wenn durch Unterbrechung der aus der Großhirnrinde stammenden Fasern des Fußes dieser vollkommen entartet ist. Dann sieht man, wie sie gleich den Zinken eines Kammes überall aus der Zwischenschicht zwischen die Bündel der Fußfaserung hineingreifen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sie um diese herum aufgezweigt enden. Dieses ganze „Kammsystem des Fußes" entwickelt seine Markscheiden vor den anderen Fußfasern und ist deshalb auch an Embryonen gut abscheidbar. An einem Hunde, dem die Hemisphären weggenommen waren, konnte ich erkennen, daß es aus dem Corpus striatum stammt. Wir wollen es deshalb Tractus strio-peduncularis nennen.

In dem Grau, das am Hirnboden da zutage tritt, wo die Hirnschenkel dicht vor der Brücke divergieren, liegt ein bei Primaten nur kleines, bei allen niederen Säugern aber recht beträchtliches Ganglion, das von Gudden entdeckte Ganglion interpedunculare (Fig. 181).

Es gehört, bei allen Vertebraten vorhanden, zu den Grundapparaten des Gehirnes.

Zu dem Ganglion tritt aus dem dorsalsten Thalamusabschnitte jederseits ein kräftiges Bündel herab, der Tractus habenulo-peduncularis (Fig. 181), dessen Fasern dicht an der Hirnbasis weiß durch-

scheinen, ehe sie in das Ganglion eintreten. Dort kreuzen sie zur anderen Seite in langen, feinen Zügen und enden.

Schon Gudden wies nach, daß diese Züge aus dem Ganglion habenulae des Thalamus stammen und entarten, wenn dasselbe zerstört wird. Ich habe das öfter bestätigen können.

Das Bündelchen, welches Meynert Fasciculus retroflexus genannt hat, ist bei allen Tieren aus einem marklosen und einem merkwürdig netzförmig geordneten, markhaltigen Anteil zusammengesetzt, auch nie ein ganz fest geschlossener Zug. Immer zerfällt es in seinem langen Verlauf in mehrere Bündelchen, die wahrscheinlich zwischen sich noch einen anderen gangliären Apparat einschließen.

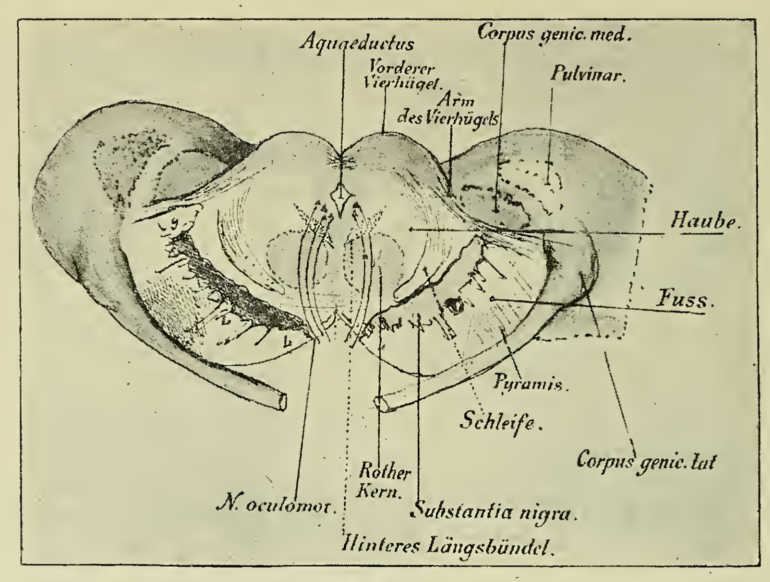


Fig. 156.

Querschnitt durch die vorderen Vierhügel (etwas schematisiert).

Aus den Zellen des Corpus interpedunculare entspringt (Ganser) ein dorsalwärts in die Haube des Mittelhirnes ziehendes Bündel, Haubenbündel des Ganglion interpedunculare. Es soll, S. Ramon y Cajal, in dem schon von Gudden beschriebenen dorsalen Haubenganglion (s. S. 194, 1) enden.

Meine eigenen Untersuchungen an normalen Hunden und an einem solchen, dem das Ganglion habenulae zerstört war, lehren weitere Verhältnisse kennen:

Es besteht das Ganglion interpedunculare beim Hunde aus fünf verschiedenen Ganglien. Frontal liegen neben einander zwei birnförmige Körper, bedeckt von einer flachen Platte, die direkt an die Haubenfaserung grenzt. Dieser Komplex ist von den viel größeren kaudalen Ganglien von hinten her hufeisenförmig umfaßt. Der hintere Umfang des Hufeisens wird von dem mächtigen, gemeinsamen Körper der kaudalen Ganglien gebildet. Die vorderen dünneren Schenkel derselben nehmen die Meynertschen Bündel auf, die sofort nach

dem Eintritt ihre Markscheiden verlieren. Bei der Eidechse erkenne ich, daß sie sich in zahllose, feinste — Golgi-Methode — Endpinsel nach Kreuzung im Ganglion auflösen. Das Deckganglion ist von einem feinen Fasernetze erfüllt. Aus diesem treten Züge zwischen den beiden frontalen Ganglien ventralwärts. Aus den frontalen, birnförmigen Ganglien stammt der Zug zu der Haube des Mittelhirnes, starke Fasern, die auch nach Zerstörung des Vorderhirnes und des Thalamus erhalten bleiben.

Die Haubengegend des Mittelhirnes ist reicher an Einzelbestandteilen als die Fußgegend. Suchen wir zunächst eine Übersicht über das wichtigste zu gewinnen, ehe wir die Details betrachten. Ein Frontalschnitt dicht kaudal von den vorderen Vierhügeln ermöglicht das leicht.

Direkt über der Substantia nigra liegt die Schleifenschicht. Noch ziehen, wie in den frontalen Abschnitten der Brücke (Fig. 154), Fasern aus der lateralen Schleife dorsal zum Mittelhirndache; die mediale Schleife zum Thalamus liegt an bekannter Stelle. Zwischen den Armen der lateralen Schleife sind an Stelle der Bindearmkreuzung zwei mächtige Kerne aufgetreten, die roten Haubenkerne.

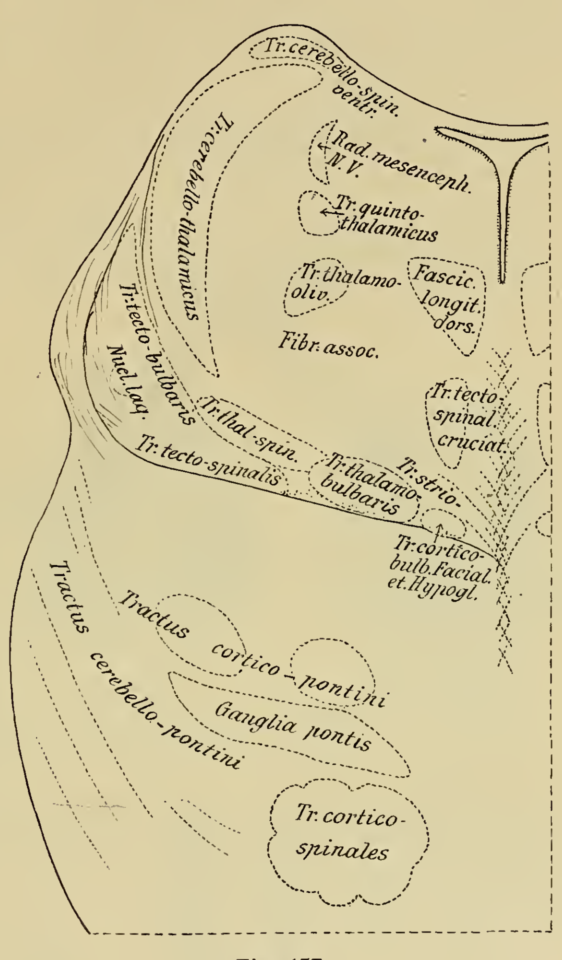


Fig. 157.

Schema eines Schnittes durch das frontale Ponsgebiet. Die Mehrzahl der bekannten Faserzüge eingezeichnet.

Die Fasermasse, welche ihnen dorsal nahe liegt, ist das dorsale Längsbündel, ebenfalls noch am gleichen Platze wie in der Brücke, aber an Volum bedeutend verstärkt. Da, wo der Abduzenskern gelegen hatte, sind neue Zellmassen aufgetreten. Ihnen entstammen die Trochleares und die Oculomotorii. Der letzteren Wurzelfasern sehen Sie auf unserem Schnitte ventral austreten.

Wenn Sie sich dann noch durch die Figuren 157 und 158 die

Bestandteile (Zusammensetzung) der Haube in der frontalen Brückengegend in das Gedächtnis zurückrufen, wird das folgende sich leicht dem bereits Erlernten einfügen.

Wie die Bindearme aus seitlichen Abschnitten der dorsalen Brücke unter Kreuzung zu den roten Kernen geraten, auch die kleinen Änderungen, die in der Schleifenschicht eintreten, das sollen Ihnen Fig. 158 bis 160 noch einmal in das Gedächtnis zurückrufen.

Daß die Bindearme zum Teil im roten Kerne enden — ein Teil zieht lateral weiter zum ventralen Thalamus —, das hat auf dem Degenerationswege zuerst Maheim bewiesen. Sie entarteten, als er das Kleinhirn zerstörte. Für ihren ganzen Verlauf wollen Sie das Schema Fig. 161 vergleichen.

In den roten Kern tritt von der Seite her eine Faserung aus der Großhirnrinde. Déjèrine sah sie nach Rindenerweichung hierher

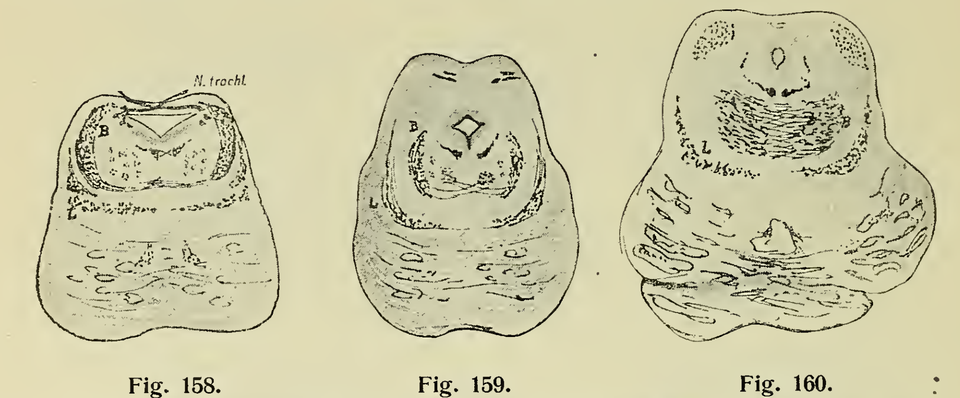


Fig. 158. Fig. 159. Fig. 160.

Drei Schnitte durch die Brücke und die Vierhügelgegend vom Neugeborenen, zur Demonstration des Verlaufes der Bindearme und der Schleifenschicht.

entarten. Ebenso erhält er im frontalen Abschnitt Fasern aus dem Corpus striatum. Diese bilden zusammen mit den ersterwähnten eine lateral liegende Kapsel des roten Kernes um ihn. Ich sah, daß sie nach totaler Rindenabtragung (Hund) zum Teil erhalten bleibt, und daß die erhaltenen Fasern dem Striatum entstammen.

Aus dem Kerne stammt ein sehr kräftiges Bündel zu den Seitensträngen des Rückenmarkes, der Tractus rubro-spinalis, den man nach seinem ersten Entdecker das Monakowsche Bündel heißt.

Erst Held hat mit der Golgimethode bewiesen, daß der rote Kern sein Ursprungsgebiet ist. Kohnstamms Untersuchungen zeigten, daß man durch hohe Rückenmarkdurchschneidungen einen Teil der Ganglienzellen im roten Kern zur Entartung bringen kann. Der Verlauf des ganzen Zuges ist dann durch zahlreiche Arbeiten von Rothmann, Probst, Buzzard und Collier usw. festgestellt worden.

Die Lage dieses Bündels wird am einfachsten klar aus den Degenerationsbildern, die Ihnen Fig. 162 zeigt. Es handelt sich um einen Zug,

der gleich nach seinem Ursprunge kreuzt — innerhalb der sogenannten Forelschen Kreuzung, — dann in der Haube kaudal zieht, sich im allgemeinen dorsal und lateral von der Schleifenfaserung hält und schließlich in der Oblongata ventral von der Trigeminuswurzel liegt. Von

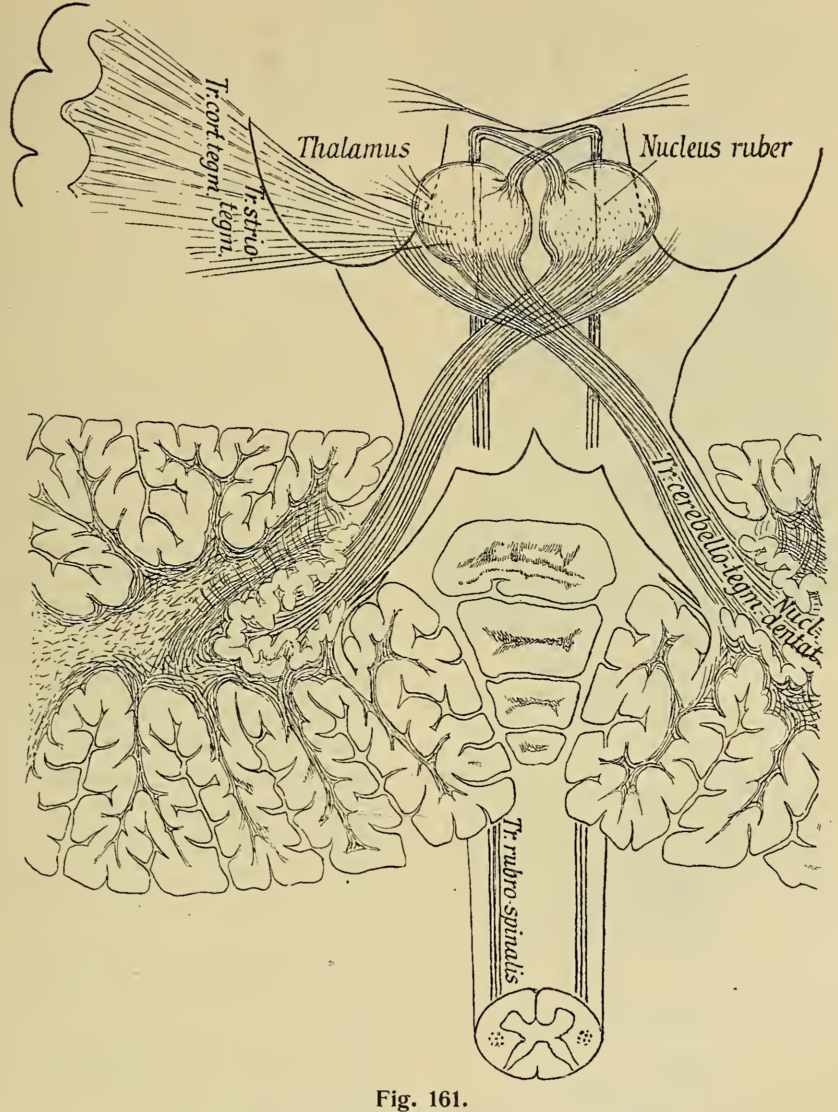


Fig. 161.
Der rote Haubenkern und seine Verbindungen. Halbschema.

da kann er direkt bis in das dorso-mediale Gebiet der Seitenstränge des Rückenmarks verfolgt werden.

Der Tractus rubro-spinalis, dem übrigens ein Traktus thalamo-spinalis, Wallenberg u. a. dicht anliegt, hat in den letzten Jahren vielfach Bearbeitung erfahren, nachdem man erkannt hatte, daß er eines der Bündel

ist, welche zum motorischen Apparate des Rückenmarkes herabziehen, daß er also ein wichtiges Stück des motorischen Hirnmechanismus bildet. Zweifellos kann der motorische Eigenapparat des Rückenmarkes durch ihn mit dem Kleinhirn und zu gewissem Grade auch mit dem Großhirn in Verbindung gesetzt werden. Das Bündel bleibt intakt bei irgendwelchen Groß- und Zwischenhirnerkrankungen, es zerfällt nur, wenn es ab rotem Kern irgendwie getroffen wird bis hinab in den Lendenteil des Rückenmarkes.

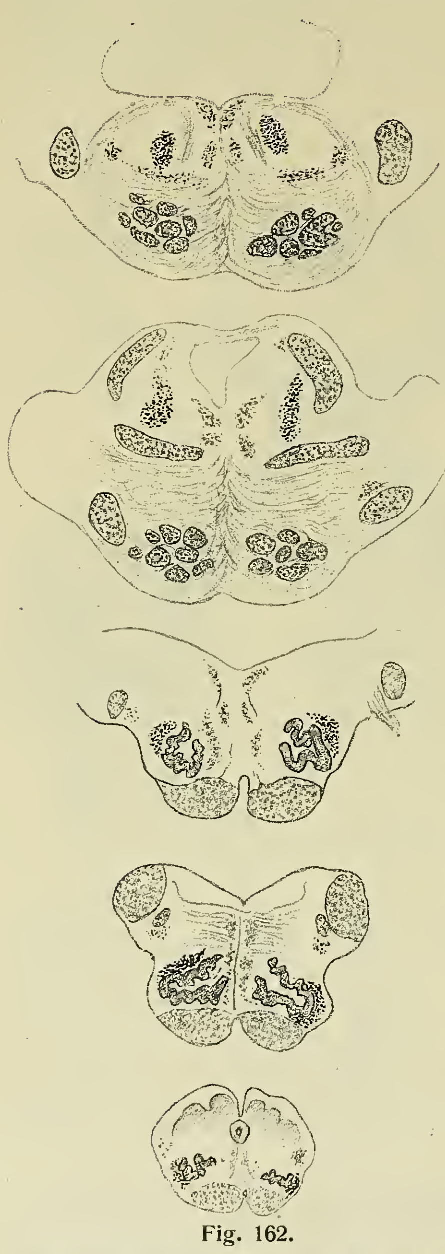


Fig. 162.

Degeneration beider Tractus rubro-spinales nach Zerstörung ihrer Ursprungsstellen im roten Kerne. Nach Collier und F. Buzzard.

Die Vierhügel. Der dorsale Abschnitt, das Dach der Mittelhirnhaube, ist bei allen Vertebraten im wesentlichen Aufnahmestätte für den Tractus opticus und heißt daher Tectum opticum. Bei den Säugern sind hier rückgängige Prozesse eingetreten, der Opticus endet nur mit einem kleinen, in der Reihe noch sehr wechselnden Anteil im Dache, seine anderen Endstellen sind mächtiger geworden. Der kaudale Dachabschnitt aber tritt bei den Säugern mehr hervor; Ganglien, welche bei den niederen Vertebraten in der Tiefe liegen, ragen als Höcker empor. Man unterscheidet diese letzteren als hintere Vierhügel von den vorderen. Bei vielen niederen Säugern ist diese für den Menschen sehr deutliche Abgrenzung noch gar nicht sichtbar, die vorderen Hügel scheinen allein da zu sein. Kaudal gehen die Vierhügel in das Velum medullare anticum über. Auf der Grenze zwischen beiden Abteilungen tritt mitten aus der Velumsubstanz der Nervus trochlearis zutage, um seine Wurzeln an den Seitenteilen der Haube herab zur Basis zu senden. Von der Seite treten an die Vierhügel die vorderen und hinteren Vierhügelarme heran.

Die vorderen setzen sie in Verbindung mit einem kleinen Ganglion, dem Corpus geniculatum laterale, die hinteren mit einem ebensolchen, dem Corpus geniculatum mediale. Am besten orientieren Sie sich zunächst an der Abbildung Fig. 164.

Die vorderen Arme sind, wie Fig. 165 zeigt, im wesentlichen Fortsetzungen des Sehnerven, welcher in dem Geniculatum laterale nur zum Teile endet, außerdem enthalten sie die Großhirnbahnen zum vorderen Hügel. Die hinteren Arme führen ebenfalls Großhirnbahnen, auf der Oberfläche aber bestehen sie im wesentlichen aus Zügen, welche die akustischen Endstätten in der Oblongata mit dem Geniculatum mediale verbinden, also aus Fortsetzungen der lateralen Schleife.

Über die Zusammensetzung des Mittelhirndaches wissen wir bereits so viel, daß wir das allgemein Prinzipielle vorweg nehmen können.

Das Grau des Tectum nimmt vorn die letzten optischen Bahnen auf, hinten die sekundären akustischen. Es entsendet aus seinen tiefen Schichten ein mächtiges Markfasersystem zur Haube der Oblongata und zum Rückenmarke. Dieses System ist das tiefe Vierhügelmark, Tractus tecto-bulbares et spinales.

In diesen Apparat dringen Fasern aus der Großhirnrinde, die Tractus cortico-tectales ein.

Das tiefe Mark ist ein phylogenetisch sehr altes System. Es fehlt selbst in den einfachst gebauten Gehirnen niederer Wirbeltiere nicht und umgibt sich bei diesen, wie auch beim Menschen, außerordentlich frühzeitig mit Markscheiden. Seine Fasern entspringen in Schichten der Mittelhirndecke, die ventral von denjenigen liegen, welche dem Opticus Ursprung geben. Aus diesen ziehen sie zuerst radiär nach innen, wenden sich dann aber nahe dem zentralen Höhlengrau, das den Aquaeductus umgibt, ventralwärts. Die lateralsten dieser Fasern gelangen, vereint mit solchen, welche von der anderen Seite herstammen, in die

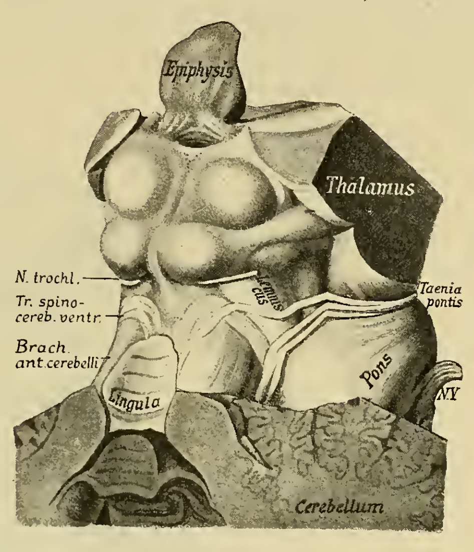


Fig. 163.

Die Vierhügel und das Velum medullare anticum. Nach G. Retzius.

Zwischen den aus dem Kleinhirn austretenden Bindearmen liegt, bedeckt von der Lingula des Cerebellumus, das Velum. An den Seiten der Bindearme zieht über sie empor der Tractus spino-cerebellaris ventralis, um sich kaudalwärts in das Kleinhirn einzusenken. Ihm liegt lateral und ventral die zum Vierhügeldache aufsteigende laterale Schleife an, dann folgt die Fußfaserung, die in den Hypothalamus eintaucht. Die hinteren und die vorderen Vierhügel. Der Arm der hinteren deutlich rechts. Unter ihm das Corpus geniculatum mediale. Frontal von den vorderen Vierhügeln die — umgeklappte — Platte der Commissura posterior, und direkt an ihr hängend die Stiele der Epiphysis. Diese ebenfalls umgeklappt, von der Unterseite her sichtbar.

Schleifenschicht und ziehen mit dieser zu den Kernen der Oblongata, namentlich zu den Endkernen des Akustikus, aber auch weiter hinab zu dem Vorderseitenstrange des Rückenmarkes. Sie bilden also das System der Tractus tecto-bulbares et tecto-spinales laterales.

Die medialeren Fasern umgürten den Aquaeductus und kreuzen sich ventral von ihm zum großen Teil mit denen der anderen Seite: fontaineartige Haubenkreuzung, Meynert (Fig. 170). Die den Aquädukt überdeckende Querfaserung ist namentlich unter den vorderen Hügeln sehr mächtig. Man hat sie als Ganzes Lamina commissuralis mesencephali genannt. Frontal geht diese Dachkreuzung direkt in die Commissura posterior über, mit deren Faserung sie wiederholt fälschlich zusammengeworfen worden ist.

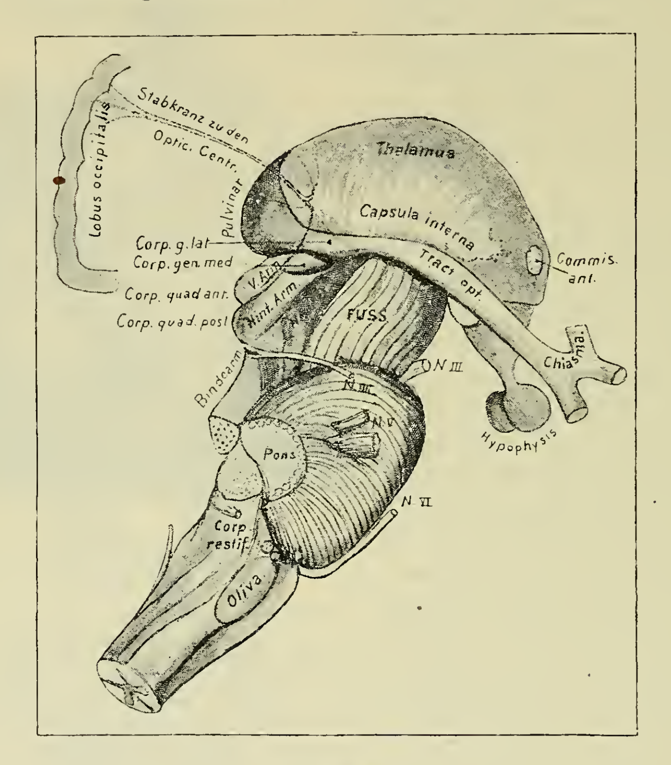


Fig. 164.

Thalamus und Corpora quadrigemina von der Seite gesehen. Das Vorderhirn da abgetrennt, wo seine Stabkranzfasern in die Capsula interna treten. Schematisch ist das Verhalten der Sehstrahlung zum hinteren Teile der Kapsel und zu den Ursprungsstellen des Opticus angedeutet.

Bei den Fischen und den Vögeln sind gerade die Fasern des tiefen Markes so stark ausgebildet, daß ihr Verlauf leichter zu erkennen ist. Bei ihnen, aber auch bei den Amphibien und Reptilien, erkennt man, daß es sich um ein Fasersystem handelt, das, soweit es nicht in der Schleife abwärts zieht, dem Mittelhirn selbst angehört und in Zellen,

teils auf dessen gleicher, teils auf dessen gekreuzter Seite endet. An den entsprechenden Stellen finden sich auch beim Menschen Zellgruppen, Ganglion profundum Mesencephali laterale und mediale.

Aus der Gegend des Ganglion mediale ziehen jederseits von der Mittellinie bei allen Tieren, auch beim Menschen, dünne Bündelchen kaudalwärts, die bis in die Vorderstränge des Rückenmarkes verfolgt werden können, Tractus tecto-spinales mediales (Fig. 168). Ob sie direkt aus der fontaineartigen Kreuzung stammen oder ob sie erst in jenem Ganglion entspringen, das ist noch unentschieden. Nachdem sie von mir auf vergleichend anatomischem Wege festgestellt waren, haben sie auch degenerativ, durch Boyce, ihre Bestätigung gefunden.

Es ist bestritten, daß dieser Zug bis in das Rückenmark gelange, aber allgemein zugegeben, daß er bis in die Oblongata verfolgt werden kann.

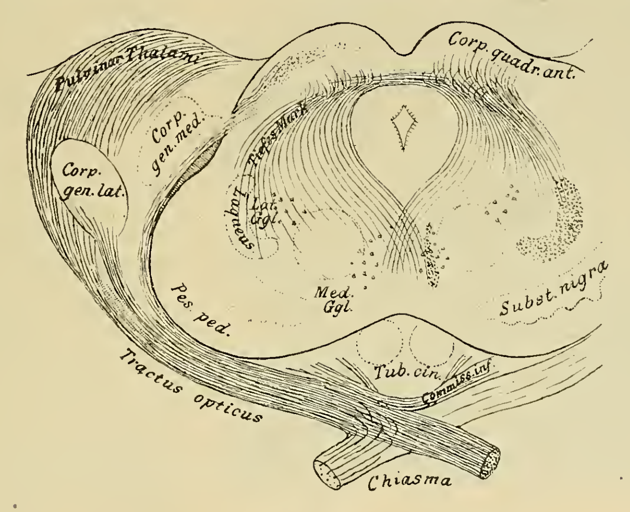


Fig. 165.
Die im Mittelhirndach entspringenden Fasern. Dorsal der Tractus opticus, ventral das tiefe Mark. Schema, das auch die anderen Opticuswurzeln enthält.

Aus der lateralen Abteilung des tiefen Markes stammt ebenfalls ein Zug zum Rückenmark. Er gelangt in den Seitenstrang desselben, Tractus tecto-spinalis lateralis. (Fig. 168.)

Außerdem aber gibt es im Seitenstrange, mindestens des Menschen, noch ein zum tiefen Marke aufsteigendes System, den Tractus spino-tectalis. Er liegt, ganz wie der Tractus spino-thalamicus, dem ventralen Rückenmark-Kleinhirnbündel im Rückenmarke und in der Oblongata an, also in dem Felde, das Fig. 90 als Seitenstrangbündel bezeichnet hatte. In das Mittelhirn eintretend, trennt er sich dort von den weiterziehenden Tractus spino-thalamici. Horsley und Thiele, welche den Zug nach Rückenmarkunterbrechung aufsteigend degenerieren sahen und genau studierten, geben an, daß er gekreuzt im oberflächlichen und tiefen Grau der Hügel, aber auch homolateral im oberflächlichen Grau ende.

Diese Züge sind alle sehr dünn und sie können keineswegs die auch bei Säugern und dem Menschen noch recht mächtige Fasermasse des tiefen Markes erschöpfen. Es ist deshalb zu erwarten, daß noch weitere Verbindungen später hier nachgewiesen werden.

Betrachten wir nun den feineren Bau des Mittelhirndaches etwas genauer.

a) Der hintere Vierhügel.

Im kaudalen Vierhügeldache erkennt man auf einem Schnitte zunächst einen mächtigen rundlichen Kern und, wenn der Schnitt in bestimmter Richtung angelegt ist, wie ihn Fig. 166 zeigt, dann sieht man, daß in diesem Kern des kaudalen Hügels ein Teil der lateralen Schleife, die Tractus acustico-tectales enden. Sie splittern da, Held, Kölliker, S. Ramon y Cajal, zu außerordentlich feinen Endbüscheln auf. Viele von diesen Fasern teilen sich vor der Endigung und senden den neuen Teilast lateral, weiter frontalwärts, wo er dann in dem kleinen Ganglion des Corpus geniculatum mediale endet. Bei Tieren mit besonders ausgebildetem akustischem Apparate, den Walen, den Mäusen z. B., ist diese ganze Faserung und sind diese Endkerne viel mächtiger als beim Menschen. Die laterale Schleife endet also im Ganglion des hinteren Hügels und mit Teilästen, aber auch mit direkten Zügen im Corpus geniculatum mediale. Vergl. auch Fig. 157.



Fig. 166.

Schräg von vorn oben nach hinten unten abfallender Frontalschnitt (Schnittrichtung in der Nebenfigur angegeben), enthält den größten Teil des Ursprunges der Mittelhirnschleife. Färbung mit Hämatoxylinlack. Rechts oben lies statt „Br. anticum" Br. posticum.

Die Fasern zum Corpus geniculatum mediale treten seitlich an den Vierhügeln frontalwärts und heißen Arm des hinteren Hügels. Doch machen sie nicht die ganze Dicke dieses Armes aus. Vielmehr treten aus der Rinde des Vorderhirnes, vornehmlich aus dem Schläfenlappen, aber auch aus fast allen anderen Rindengebieten, Horsley und Bevor, Fasern durch den hinteren Arm in den Hügel ein. Sie splittern in seinem Kerne und in der diesen umgebenden grauen Substanz auf. Der Kern des kaudalen Hügels ist lateral und medial von

anders gebauter grauer Substanz umgeben. Diese verbindet ihn, über den Aquäduktus hinwegziehend, mit dem anderseitigen Hügel (Fig. 167).

Aus dem Grau entspringt das tiefe Mark. Die vielgestaltigen Zellen, welche den Vierhügel aufbauen, senden ihre Achsenzylinder ventral- und medialwärts bis an die Grenze des zentralen Höhlengraues, welches hier in dichter Masse den Aquaeductus umgibt. Dieses zentrale Grau wird dann in mächtigen Zügen von den Fasern des tiefen Markes überbrückt und umzogen.

Mitten in der grauen Rinde der Hügel enden von außen her, wahrscheinlich aus dem Arme des Hügels eindringend, zahlreiche Fasern, wohl zumeist Tractus cortico-tectales. Sie bilden auch einen feinen weißen Überzug auf der Oberfläche des hinteren Vierhügels.

Fassen wir zusammen:

Der kaudale Dachabschnitt des Mittelhirnes, die Corpora quadrigemina posteriora, nimmt aus dem Akustikusendgebiete die Tractus acustico-tectales, einen Teil der lateralen Schleife, in einem eigenen Kerne auf. Außerdem nimmt er Bahnen aus der Großhirnrinde auf. Die letzteren treten zu ihm durch den Arm des hinteren Hügels. Dieser Arm enthält auch die aus dem Akustikusendgebiete zu dem Geniculatum mediale ziehenden Fasern. Aus dem Dache stammt das tiefe Mark, Fasern, welche zum Rückenmarke und zur Oblongata gelangen.

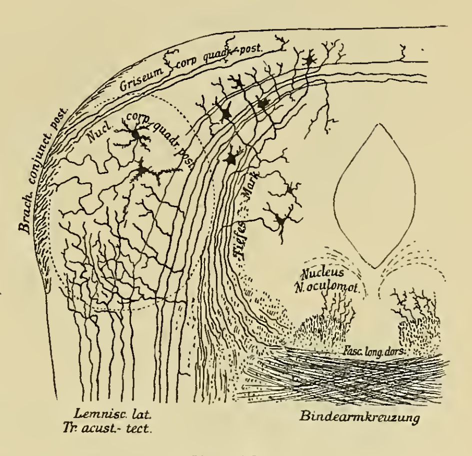


Fig. 167.

Die Kerne und Verbindungen innerhalb des kaudalen Vierhügeldaches. Halbschema nach S. R. y Cajal.

b) Der vordere Vierhügel.

Im Bereiche der vorderen Vierhügel ist das Mittelhirndach wesentlich komplizierter gebaut.

Dem Grau der Hauptmasse, welches sich ohne Grenze aus dem hinteren Hügel hierher fortsetzt, entstammen, wie dort, die Fasern des tiefen Markes. Nur viel reichlicher sind sie hier. Aber über dieses Grau legt sich ein anderer Abschnitt, der vorwiegend Endapparat des Tractus opticus ist.

Ich möchte Ihnen erst später die Gesamtursprungsverhältnisse des Sehnerven demonstrieren. Dann wird des aus dem Nerven stammenden Anteiles zum Mittelhirndach, der beim Menschen reduzierter ist als bei allen anderen Säugern, näher zu gedenken sein. Zunächst will ich nur mitteilen, daß innerhalb des vorderen Hügels sich Fasern aus dem Seh-

nerven finden und daß in dem Grau, wo sie enden, zahlreiche Fasern aus der Rinde des Occipitallappens ebenfalls enden. Es treffen sich also hier die primären und die sekundären Sehbahnen.

Bei den Säugern unterscheidet man gewöhnlich, von außen nach innen gehend, folgende Schichten im vorderen Hügel: 1. Oberflächliches Mark und Grau — die eintretenden Optikusfasern — atrophiert etwas nach Wegnahme eines Auges, und ist bei dem Maulwurf mit reduziertem Sehapparate (Ganser) besonders dünn, und bei der Blindmaus, Spalax typhlus (Frankl-Hochwart), kaum nachweisbar. Die weißen Fasern dieser Schicht — Stratum zonale —, welche wohl alle aus dem Optikus stammen, sind bei dem Menschen und den Affen am kräftigsten entwickelt. Der Maus und der Fledermaus fehlen sie fast, vielleicht weil sie Nachttiere sind.

2. Mittleres Grau, eine direkte Fortsetzung des oberflächlichen Grau. Am besten studiert bei den Vögeln (S. Ramon y Cajal, Gehuchten), enthält es massenhafte Zellen, deren Achsenzylinder zum größten Teile hinab in die Schleifenschicht gelangt, deren Dendriten sich aber um die feinen Endpinsel verästeln, welche der Sehnerv in das oberflächliche Grau schickt. In und unter diesem liegt 3. das mittlere Mark. Es enthält Optikusfasern und die Züge aus der Sehstrahlung zum Optikus, muß aber noch mehr andere Züge führen, denn es degeneriert nur unvollständig nach Wegnahme der Rinde und ist auch bei Reptilien, die keinen oder nur einen sehr unbedeutenden Zuzug aus der Rinde besitzen, zum Teile nachweisbar. Auch ist diese Schicht bei der ganz blinden Spalax nicht viel faserärmer als bei der Maus. Nur sind da die Fasern auffallend fein.

4. Das tiefe Grau und das tiefe Mark. Das Grau ist nur die Fortsetzung des Vierhügelgraues überhaupt. Das tiefe Mark enthält die aus dem Vierhügel entspringenden und da einmündenden Fasern der Schleifenschicht usw. Sie stammen aus dem tiefen und mittleren Grau und treten namentlich bei den Tieren mit schlecht ausgebildetem Sehapparate, die oben genannt wurden, ganz besonders hervor.

Die Vierhügel sind übrigens so sehr von Fasernetzen durchzogen, daß man nur bei besonders schönen Färbungen diese Schichten, die meist mehr oder weniger verwaschen sind, wiederfindet.

Der Arm des vorderen Hügels führt diesem die Sehnervenfasern und wohl auch einen direkten Zug aus dem Geniculatum laterale — Stiel des Geniculatum laterale — zu. Außerdem die Bahnen aus der Hirnrinde.

Der vordere Vierhügel nimmt also in seinen dorsalsten Schichten Optikusanteile und Bahnen aus dem Großhirne auf, er entsendet aus seinen tieferen Schichten die Züge des tiefen Markes zur Medulla oblongata und dem Rückenmarke.

Der frontalste Abschnitt des Mittelhirndaches wird von einer mächtigen markweißen Fasermasse gebildet, der

Commissura posterior. (Fig. 171, 189.)

Ihre Fasern gelangen dicht vor den Vierhügeln an die Oberfläche. Sie treten da auf die gekreuzte Seite über. Doch ziehen sie nur eine ganz kurze Strecke horizontal dahin; sie tauchen vielmehr bald in die Tiefe der Mittelhirnhaube ein, in der sie dann kaudalwärts weiterstreichen. Die Mehrzahl der betreffenden Fasern zieht lateral und ventral vom dorsalen Längsbündel in die Oblongata; erst durch sie wird jenes Bündel zu einem starken. Ähnliches haben Spitzka und Darkschewitsch gesehen. Bei allen Wirbeltieren ist die hintere Kommissur eines der ersten Bündel, die sich mit Mark umgeben.

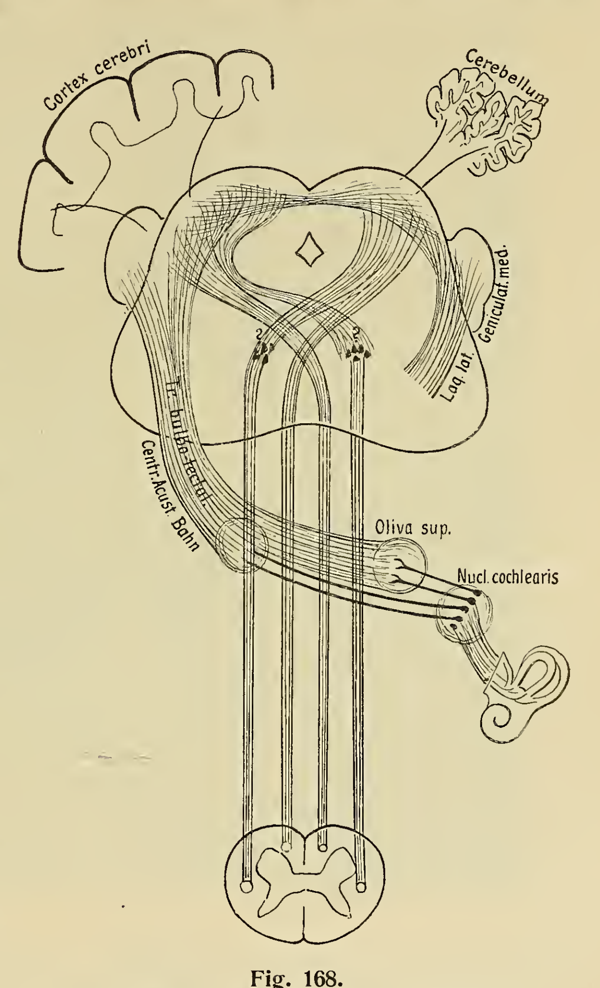


Fig. 168.
Die Fasern aus und zu dem Vierhügeldache. Halbschema.

Die Kommissurfasern stammen zu geringerem Teile aus einem Kern in der Tiefe des kaudalen Thalamus (Kölliker), zu größerem jedenfalls aus dem „gemeinsamen Kern der Commissura posterior und des Fasciculus longitudinalis dorsalis“ im frontalen Mittelhirn.

Die hintere Kommissur geht mit ihrem frontalen Rande direkt in das Zwischenhirndach über, das hier die Ausstülpung der Epiphyse — Glandula pinealis — macht (Fig. 169). Unter ihr eröffnet sich der Aquaeductus Sylvii in den dritten Ventrikel.

Blutungen in die Ventrikel, Eiterdurchbrüche in dieselben töten wahrscheinlich durch Verstopfung des Aquäduktes. Wenigstens findet man ihn in allen solchen tödlich verlaufenden Fällen verschlossen.

Fig. 169 soll Ihnen nun eine Übersicht über das mittlere Ventrikelsystem geben, nachdem Sie dasselbe von der Eröffnung des Zentralkanals in die Rautengrube bis zum Ventrikel zwischen den Thalamis kennen gelernt haben.

In der frontalsten Vierhügelplatte, etwas dorsal von der Stelle, wo die Arme der Kommissur in sie eintauchen, finde ich bei Säugern eine undeutlich

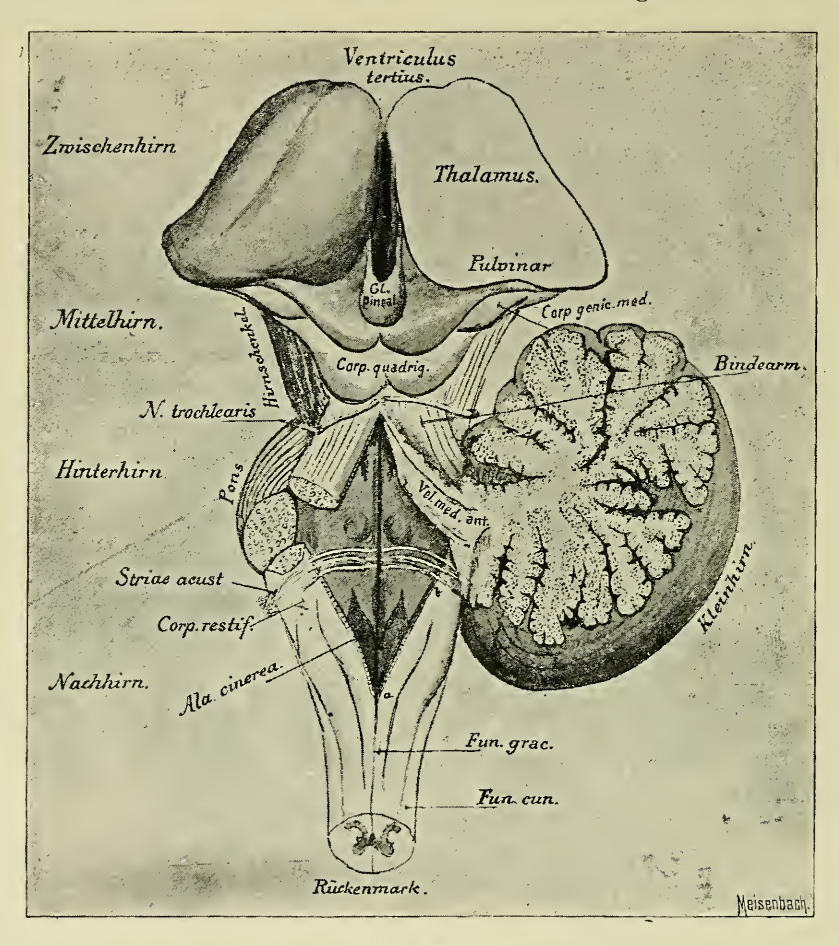


Fig. 169.

Die Gehirnteile vom Thalamus bis zum Rückenmark (der „Hirnstamm"). Die Commissura posterior von der Gl. pinealis bedeckt. Das Cerebellum gespalten und links abgetragen.

umschriebene Kernansammlung, welche ich für den Rest eines bei allen niederen Vertebraten sehr mächtigen Kernes, des Nucleus praetectalis halte. Es ist möglich, daß dieses Ganglion identisch ist mit dem, welches Kohnstamm als Nucleus intracommissuralis bezeichnet hat. Einen Verbindungszug zur Hirnbasis, wie er bei Fischen, Reptilien und Vögeln besteht, habe ich auch bei der Fledermaus gefunden. (Fig. 195.)

Die graue Substanz um den Aquäduct. Der Aquaeductus Sylvii ist auf seine ganze Länge von dickem, zentralem Höhlengrau um-

geben. Dieses wird wiederum von den Zügen der tiefen Markkommissur umfaßt (Fig. 170). In diesem Grau liegen mehrere sehr wichtige Kerne, die wir zunächst an einem Frontalschnitt durch den vorderen Hügel nach ihrer Lage kennen lernen wollen.

In der Fig. 170 lege ich Ihnen eine Abbildung vor, die, nach Präparaten aus verschiedenen Entwickelungsperioden zusammenstellt, die allermeisten Bestandteile erkennen läßt, welche auf einem Schnitte dicht hinter den vorderen Vierhügeln sichtbar sind.

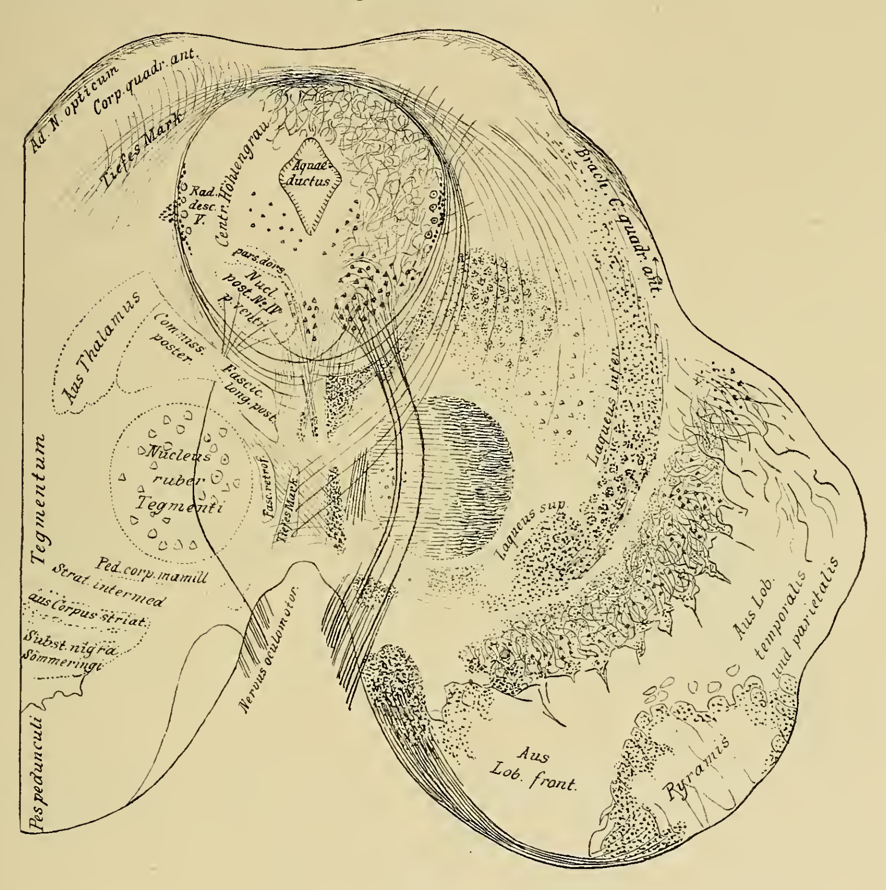


Fig. 170.

Schnitt dicht hinter den vorderen Vierhügeln, komponiert nach Präparaten aus verschiedenen Stadien der Markscheidenbildung. Hämatoxylinkupferlackmethode. — Statt: Brach. corp. quadr. ant. lies: post.

Sie wollen dieselben zu einer Repetition des heute Vorgetragenen benutzen. Das neu Mitzuteilende reiht sich dann leicht dem Bekannten an.

1. Fuß des Hirnschenkels. Noch marklos; nach einem Präparate von einem vierwöchentlichen Kinde ist die Pyramidenbahn eingezeichnet. Die medial von ihr liegenden Fasern stammen aus dem Lobus frontalis,

die lateral liegenden aus dem Lobus parietalis und temporalis. Ein Bündel verläßt in dieser Gegend die Pyramide, und indem es den Fuß umzieht, gelangt es, allerdings erst in kaudaler liegenden Ebenen, direkt als medialstes Bündel in die Schleifenschicht und von da zu den Kernen der motorischen Hirnnerven, also ein etwas anderer Verlauf hier als S. 228.

2. Das Stratum intermedium mit der Substantia nigra. Die zahlreichen, hier beim Neugeborenen sichtbaren Markfasern stammen aus dem Corpus striatum. Auch einige Fasern der ebendaher stammenden „Kammformation", welche die Fußbündel umflicht, sind lateral schon sichtbar.

3. Haube des Hirnschenkels. Ganz medial die Meynertsche Haubenkreuzung aus Fasern des tiefen Markes zum Tractus tecto-spinalis medialis bestehend, dessen Querschnitt sich eben hier anlegt. Die ventralsten, hier in Bogenrichtung gezeichneten Fasern, stellen die Kreuzung der Tractus rubrospinales dar, deren eines Querschnittbündel rechts, dicht unter dem dicken roten Kerne sichtbar wird.

Die Schleifenschicht umfaßt ventral und lateral die Haube. Ihre medialeren Fasern, das dicke, hier als Laqueus superior (alte Bezeichnung, die noch oft gebraucht wird) bezeichnete Bündel ist der Tractus bulbo-thalamicus, die lateraleren, hier im Bereich des vorderen Hügels bereits dünneren Fasern, gehören den Tractus spino-bulbo-tectalis und anderen mit ihnen verlaufenden Zügen an. Sie streben zur Schicht des tiefen Markes. Die Gegend dicht lateral vom roten Kern ist hier noch marklos, weil die Tractus cortico-tegmentales beim Neugeborenen noch nicht entwickelt sind. Dann folgen aber lateral einige Bündel, die der sekundären Bahn aus den Quintuskernen angehören und die Zellen des Ganglion mesencephali profundum laterale.

Das dicke Markfeld dorsal von dem roten Kerne enthält die aus dem Thalamus stammenden Tractus thalamo-spinales und den Tractus thalamo-olivaris. Alle diese Teile werden von den Fasern des tiefen Markes durchquert.

4. Vierhügel. Das Ganglion des vorderen Hügels ist sichtbar, in welches durch den Arm rechts die links besser sichtbaren Optikus- usw. Bahnen eindringen. Die Kommissur und Kreuzung des tiefen Markes, deren Ursprung links angedeutet ist, zu beachten.

5. Das zentrale Höhlengrau um den Aquäduktus ist von einem sehr feinen Netz erfüllt, in dem zahlreiche kleine Ganglienzellen liegen, Kern des zentralen Höhlengraues. An seiner lateralen Grenze, dicht auf der Faserung des tiefen Markes, liegen die großen Zellen, welche der Mittelhirnwurzel des Trigeminus Ursprung geben (s. Fig. 113). Eine Anzahl absteigender Wurzelfäserchen sind lateral von den Zellen quergetroffen.

5. Im zentralen Höhlengrau unter den Vierhügeln liegen seitlich vom Aquädukte und direkt unter ihm einige Kernansammlungen, welche unser besonderes Interesse beanspruchen. Auf unserem Schnitte

sind einige getroffen, welche den Okulomotoriuskernen angehören. Aus ihnen sehen Sie die Wurzeln des dritten Nerven gekreuzt und ungekreuzt entspringen, die ganze Haube durchbohren und an der Hirnbasis zwischen den Hirnschenkeln austreten.

Die Kerne der Augenmuskelnerven müssen wir nun etwas näher studieren. Ich lege Ihnen in Fig. 171 eine Abbildung vor, wie

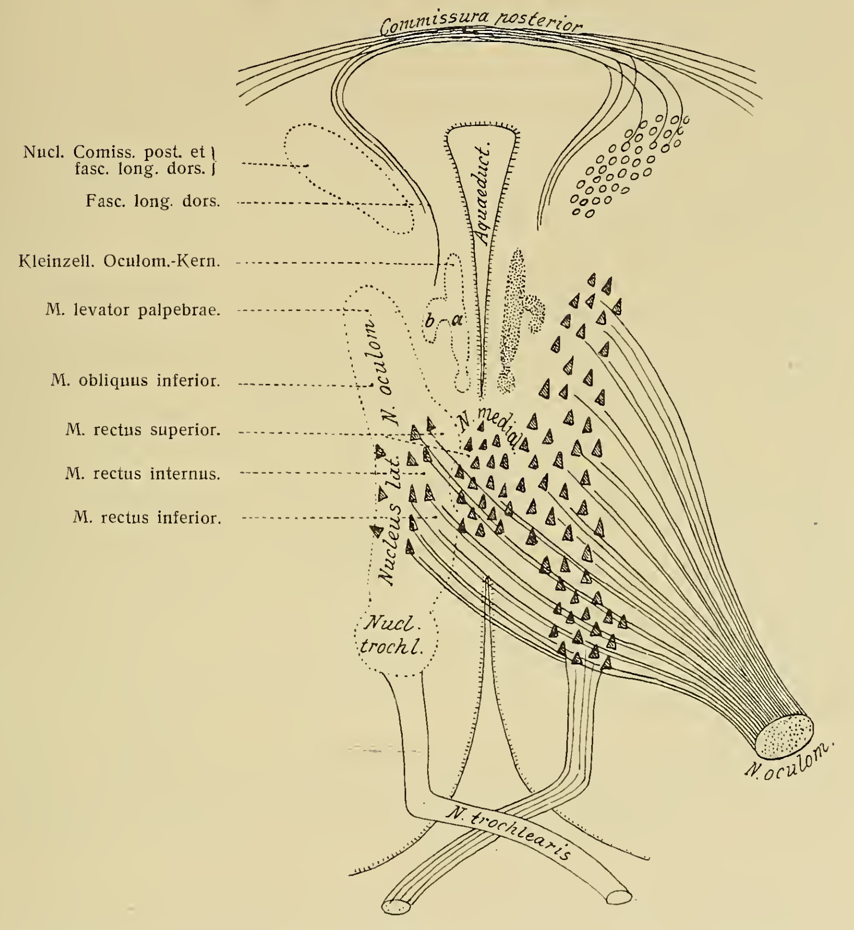


Fig. 171.

Die Gegend unter dem Aquaeductus Sylvii von oben her gesehen. Schema. Lage der Kerne der Commissura posterior, des Oculomotorius und des Trochlearis.
Die Lokalisation der Okulomotoriuskerne, z. T. nach Untersuchungen von Bernheimer an Affen. Siehe Text.

sie entstehen könnte, wenn man etwa die durchsichtig gemachten Vierhügel von oben her betrachtete.

Zunächst findet sich ganz frontal eine langgezogene Kernplatte, welche von Darkschewitsch und von Kölliker als Kern der Commissura posterior angesprochen worden ist. Es gibt für die

Säuger noch keinen sicheren Beweis, daß dem so ist, aber bei den Reptilien erkenne ich sehr deutlich, daß aus einem ganz ebenda gelagerten Kerne in der Tat die Fasern der Kommissur und ein Teil der Fasern des dorsalen Längsbündels entspringen. Die Fasern aus dem Kerne teilen sich in den medial ziehenden Ast zur Commissura posterior und in kaudaler ziehende Fasern, die sich lateral an das dorsale Längsbündel anlegen.

Einstweilen soll der Kern daher als Nucl. comm. posterioris bezeichnet werden.

Kaudal von ihm findet man dann eine sehr mächtige Ansammlung großer multipolarer Ganglienzellen, die einen langgestreckten, etwa zigarrenförmigen Kern darstellt, welcher beiderseits von der Mittellinie dicht unter dem zentralen Grau des Aquäduktes liegt. Zwischen den beiden Komplexen liegt ein anderer, genau ebenso gebauter. Das sind die Ursprungskerne des Nervus oculomotorius, die beiden lateralen und der mediale Kern. An dem lateralen unterscheidet man zweckmäßig noch die dorsalen von den mehr ventraler liegenden Abschnitten. Jeder laterale Kern nimmt am kaudalen Ende noch etwas an Volum zu und diesem Teile entstammen die Fasern des Nervus trochlearis. Am frontalen Ende, da wo die beiden zugespitzten großzelligen lateralen Kerne etwas voneinander weichen, liegt jederseits dicht an der Mittellinie noch ein kleiner, unregelmäßig gestalteter Kern, der auch manchmal in zwei Zellgruppen zerfallen kann. Dieser kleinzellige Lateralkern (a und b der Fig. 171) liegt in einem dichten Netze feinster Nervenfasern. Man hat Grund zur Annahme, daß er einen Teil des Okulomotoriuskernes bildet.

Aus den Okulomotoriuskernen entwickeln sich die Fasern des dritten Nerven. Sie durchbrechen, ventralwärts ziehend, die Haube des Hirnschenkels beiderseits von der Medianlinie und treten dann frei an der Hirnbasis aus. Auf fast allen Schnitten durch diese Region erkennt man, daß sich zu diesen Wurzelfasern noch solche gesellen, welche dem gekreuzt liegenden Kerne entstammen und in schön geschwungenem Bogen unter dem Aquädukte hindurch auf die andere Seite treten.

Bekanntlich entstammen dem Nervus oculomotorius Fasern für die Muskeln außen am Auge und für einen Teil der Binnenmuskeln desselben. Sie alle müssen in den genannten Kernen vertreten sein. In der Tat kennen wir vollständige Lähmungen der äußeren und inneren Augenmuskeln veranlaßt durch schwere Erkrankungen in allen Teilen des Okulomotoriuskernes. Es ist bisher noch nicht gelungen, beim Menschen so frische Fälle isolierter Lähmung eines einzelnen Muskels zu untersuchen, daß man etwa für jeden Augenmuskel eine Kernlokalisation im Gesamtkerne feststellen konnte. Bei Tieren aber, wo man frische Zerstörung der einzelnen Muskelfasern in ihren Rückwirkungen auf die Zellen im Kerne studieren kann, weiß man seit den Untersuchungen von Gudden, daß in der Tat eine Lokalisation besteht, auch daß einzelne Muskeln vom Kerne der gekreuzten Seite her versorgt werden.

Von den Ergebnissen, welche die Degenerationsversuche am Okulomotoriuskern der Tiere gezeitigt haben, will ich Ihnen hier nur das mitteilen, was

über den Kern beim Affen bekannt geworden ist, weil wir allen Grund zur Annahme haben, daß beim Menschen identische Anordnungen getroffen werden. Die frontalsten Kerngruppen entsenden ihre Fasern zum gleichseitigen Levator palpebrae und Rectus superior. Aus den kaudalsten Teilen entspringen nur gekreuzte Fasern, nämlich die für den Rectus inferior und für den Trochlearis. Alle Kerne, welche dazwischen liegen, senden Fasern in den gekreuzten und in den gleichseitigen Nerven. So erhält also jeder Musculus obliquus inferior und jeder Musculus rectus internus Fasern aus dem rechten und dem linken großzelligen Lateralkerne. Die Kerne für den Rectus internus treten beiderseits so nahe an den großzelligen Mediankern heran, daß, zumal dieser mit ihnen ganz identisch gebaut ist, es mir wahrscheinlich — aber durch das Experiment nicht bewiesen — ist, daß die drei Gruppen eine Einheit (für die Konvergenzbewegung) bilden. Bernheimer nimmt allerdings den großzelligen Mediankern neben dem frontaler liegenden kleinzelligen für die Binnenmuskeln in Anspruch. Es ist aber nicht recht einzusehen, was aus den mächtigen Achsenzylindern dieser vielen großen Zellen in den kleinen Binnenmuskeln werden soll. Für sie reichen die Fasern aus den kleinzelligen Kernen reichlich aus. Es ist zwar noch nicht gelungen, an den kleinzelligen Kernen Veränderungen aufzufinden, wenn die Binnenmuskeln des Auges zerstört waren, und deshalb hat man diese vorderen kleinzelligen Kerne nicht als Iris- usw. zentren betrachten wollen. Aber wir wissen neuerdings (Marina), daß die Binnenmuskulatur des Auges überhaupt zunächst von Zellen des Ciliarganglions versorgt wird. Der von diesem Ganglion ausgehende Nerv, resp. seine Endstätten, wird also durch Zerstörung der Muskeln im Auge gar nicht direkt affiziert. Handelt es sich doch hier nur um eine sekundäre Bahn.

Nach kritischer Würdigung des ganzen vorliegenden Materials glaube ich, daß man sich die Versorgung des Auges mit Nerven in folgender Weise vorstellen kann: Die gesamten äußeren Augenmuskeln werden direkt aus den Kernen des Okulomotorius, Trochlearis und Abduzens innerviert. Für die inneren Muskeln stammen die Fasern aus dem Ganglion ciliare und in ebendiesem Ganglion enden feine Okulomotoriusfasern, welche vielleicht aus den kleinzelligen frontalen Kerngruppen stammen.

Die anatomische Grundlage für den von der Klinik postulierten direkten und gekreuzten Zusammenhang des Okulomotorius mit den Zentren des Optikus ist noch nicht sicher nachgewiesen.

Diese für die Pupillarbewegung notwendige Bahn besteht jedenfalls: a) aus dem zuführenden Ast, im Optikus. Ein solcher zum Mittelhirn ist in den vorderen Vierhügelarmen gegeben; b) aus dem Ast für den Sphinkter iridis. Von diesem wissen wir, daß er im Okulomotorius verläuft und es ist nur noch nicht absolut sicher, ob es sich um direkte Fasern aus dem Kerne zur Iris handelt, oder ob, wie oben als am wahrscheinlichsten angenommen wird, ein Okulomotoriusast zum Ganglion ciliare zieht und aus diesem Ganglion erst die Irisnerven entspringen. Neuerdings ist es Bernheimer gelungen, die Iris total dadurch zu lähmen, daß er bei Affen den frontalsten Teil der Okulomotoriuskernsäule anstach.

Drittens muß ein Mechanismus da sein, welcher die Reflexe zwischen beiden Bahnen, der zuleitenden und der ableitenden, vermittelt. Ein solcher Apparat ist noch zu finden. Fasernetze und Züge, durch welche die Verbindung stattfinden könnte, sind in dieser Gegend mehrfach vorhanden. Das

beweisende Experiment oder die beweisende klinische Beobachtung mit nachträglich erhobenem Befunde steht noch aus.

Es ist auch behauptet worden, daß die Pupillarzentren an anderen Orten liegen — im Halsmark oder der Oblongata z. B. Daß sie von daher beeinflußt werden können, darüber lassen namentlich die Versuche von Bach keinen Zweifel. Majano hat die Vermutung ausgesprochen, daß die Okulomotoriusfasern für die Pupillarinnervation aus dem lateralen Dache des vorderen Vierhügels stammen, also etwa aus der Gegend, wo mittelst Brachium anticum die Optikusfasern enden. Von dort sollen direkte Bahnen gleichseitig und gekreuzt im tiefen Marke zu den Wurzelfasern des Nerven hinziehen, um sich ihnen anzuschließen. Die bisher erbrachten Beweise scheinen mir nicht ausreichend, aber es muß zugestanden werden, daß die anatomischen Anordnungen sich wohl mit einer solchen Auffassung vereinen lassen, besser als mit irgendeiner anderen der vielen bisher vorgebrachten.

Es ist noch nicht gelungen, die kortikalen Bahnen zu den Augenbewegungsnerven aufzufinden. Ich selbst und andere, wir haben Hundegehirne untersucht, an denen — in meinen Fällen durch Hitzig selbst — das kortikale Zentrum zerstört war, durch dessen Reizung Augenbewegungen ausgelöst werden. Niemals ist es geglückt, die von da ausgehenden und durch die Operation entarteten Fasern bis in den Kern selbst zu verfolgen.

Der kaudalste Abschnitt der motorischen Kernsäule, welche den Okulomotorius entsendet, heißt (Kausch) Nucleus N. trochlearis. Die Trochlearisfasern steigen aber nicht wie die Okulomotoriusfasern durch die Haube ventralwärts; sie ziehen vielmehr gleich nach ihrem Ursprung ein Stück in fast horizontaler Richtung kaudalwärts, erheben sich erst dann und kreuzen sich schließlich im Velum medullare anticum mit denjenigen der anderen Seite. So verlassen sie das Gehirn an der dorsalen Seite, dicht kaudal von den hinteren Vierhügeln. Auf Fig. 127 und 154 sind Stücke des Trochlearislaufes sichtbar. Auf Fig. 171 ist der ganze Zug des Nerven nach Präparaten eingezeichnet.

Wir besitzen bereits eine ungemein reiche Literatur über die Kerne der Augenmuskelnerven. Abgesehen von den älteren experimentellen Arbeiten von Gudden liegen wesentlich Untersuchungen vor von: Perlia, Bernheimer, Siemering, Westphal, Bach, Schwabe, van Gehuchten, Bechterew, Schiff und Cassirer, Marina, Majano. Auf diese muß ich für zahlreiche im Texte nicht erwähnte Details verweisen.

Ventral von den Augenmuskelkernen, mit ihnen aber durch zahlreiche Fasern in innigem Konnexe, liegt

das dorsale Längsbündel.

Es ist ein langer, aus verschiedenen Qualitäten zusammengesetzter Faserzug, den Sie schon von den Vordersträngen des Rückenmarkes an durch die ganze Oblongata und Brücke immer an gleicher Stelle, dicht unter dem zentralen Grau beiderseits von der Mittellinie gesehen haben. Dieser Zug ist aus den mannigfachsten Faserkategorien zusammengesetzt. Es muß ein sehr wichtiges Bündel

sein, zum Grundapparate des ganzen Mechanismus gehören, denn es ist von den Neunaugen an bis hinauf zum Menschen immer an gleicher Stelle vorhanden. Niemals, einerlei, wo es unterbrochen wird, degeneriert es auf die ganze Länge seines Verlaufes und niemals in allen Faserarten. Durch S. Ramon y Cajal, durch Held und Kölliker wissen wir, daß es auf seinem langen Verlaufe, der ja vom frontalsten Mittelhirn bis in die Vorderstränge des Rückenmarkes reicht, ständig Kollateralen an die umgebenden Gebilde, speziell an die Nervenkerne am Rautengrubenboden abgibt. Wir wissen, daß in diesem wichtigen Faserzuge Bündel vorhanden sind, die aufsteigend degenerieren, also aus tiefen Ebenen stammen und absteigend entartende. Die ersteren sind Ihnen schon bekannt. Es sind die von S. Ramon y Cajal entdeckten Faserzüge aus den Deitersschen Kernen. Sie enden höchstwahrscheinlich alle in den Kernen des Abducens, Trochlearis und Okulomotorius. Dieser Tractus vestibulo-nuclearis setzt also die Zentren, welche für unsere Körperstellung und für unsere Raumorientierung so wichtig sind, untereinander in Beziehung. Durch absteigende Teiläste erreicht er auch das Rückenmark, zu dem außerdem noch (s. S. 174) der Tractus vestibulo-spinalis hinabsteigt. Siehe auch das Schema Fig. 172.

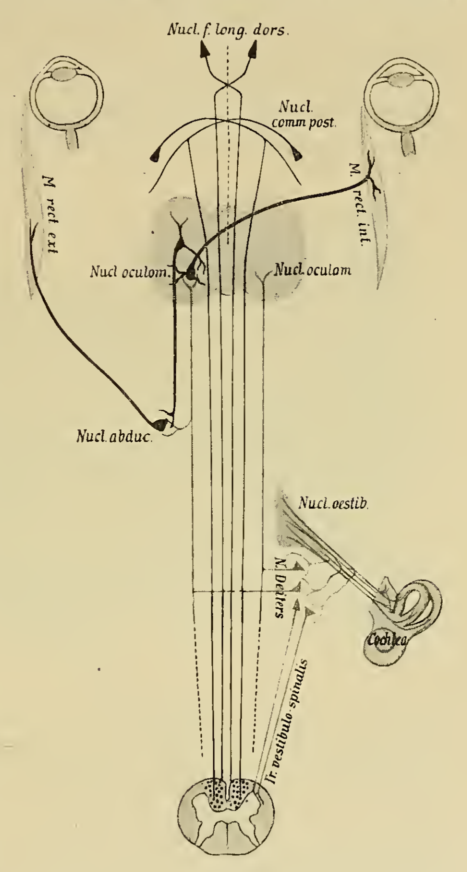


Fig. 172.
Die bisher bekannten Anteile des dorsalen Längsbündels. Schema.

Der größte Teil des dorsalen Längsbündels stammt aber aus frontalen Ebenen. Zunächst sind es Fasern — wahrscheinlich, dafür sprechen meine und S. Ramon y Cajals Untersuchungen an niederen Vertebraten, Teiläste —, aus dem Kern der Commissura posterior. Sie nehmen den lateralsten Abschnitt ein.

Medial und ventral von diesen sammeln sich, aus der Tiefe des Zwischenhirns stammend, feine Bündelchen, ventral vom vorderen Okulomotoriuskerne. Kaudal wird das Areal, welches sie einnehmen, immer größer. Es treten nämlich zu ihnen noch eine Menge Fasern aus oder

zu dem Kerne des Okulomotorius selbst. Hier sind wohl Bahnen gegeben, welche das Zusammenarbeiten des Okulomotorius mit dem Abduzens vermitteln.

Da auf der ganzen Länge des Verlaufes dieses Bündels, wie man an Embryonen aus dem 6.—7. Monat, wo nur wenig andere Fasern markhaltig sind, gut sieht, Fasern aus ihm zu den Nervenkernen abgehen, da auch sein unteres Ende viel weiter hinabragt, als der Abduzenskern, so ist es wahrscheinlich, daß das hintere Längsbündel außer den Verbindungen der Augenmuskelnerven untereinander auch noch Züge für andere Hirnnerven enthält.

Das hintere Längsbündel entsendet seine frontalsten Fasern viel weiter nach vorn als bis zum Okulomotorius. Man sieht, daß im zentralen Höhlengrau, dicht vor der Stelle, wo der Aquädukt beginnt, eine Ansammlung größerer Ganglienzellen liegt — Nucleus fasciculi longit. dors. Fig. 172 u. 187 —, aus dem eine Anzahl solcher Fasern stammen. Bei allen Tieren ist dieser Kern nachweisbar. Er liegt in Schnittebenen bei Säugern, die ventral in die hintersten Abschnitte des Corpus mamillare fallen.

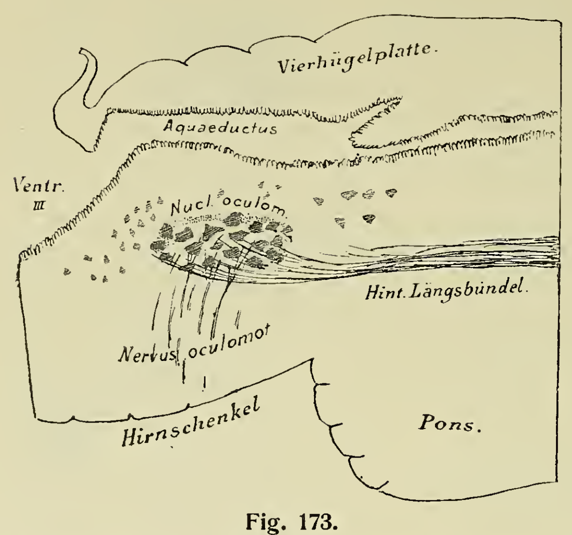


Fig. 173.

Längsschnitt durch die Vierhügelgegend eines menschlichen Fötus von 28 Wochen; nahe der Medianlinie. Die Außenwand des Aquäduktus zum Teil getroffen. Endigung des Okulomotoriuskernteiles des hinteren Längsbündels.

Sie sehen in Fig. 174 einen Schnitt durch die vorderen Vierhügel, dicht an der hinteren Kommissur von einem im 9. Fötalmonat geborenen Kinde. Alle zu dieser Zeit markhaltigen Fasern sind durch Hämatoxylin geschwärzt.

An den eingeschriebenen Bezeichnungen orientieren Sie sich leicht. Das kleine Bündel im Kreis stehender Querschnitte, das zwischen beiden roten Kernen liegt und mit *b* bezeichnet ist, stammt aus dem Ganglion habenulae thalami und zieht von dort nach rückwärts zu einem kleinen, zwischen den Hirnschenkeln liegenden Ganglion, dem Ganglion interpedunculare. Dort kreuzt es sich vor seinem Eintritt in das Ganglion mit dem analogen Bündel der anderen Seite. Es ist der Tractus habenulo-peduncularis. Sein Verlauf wird am besten aus Fig. 182 klar.

Die Beschreibung der Fasern und Kerne im Mittelhirne, welche ich Ihnen hier gegeben, wäre unvollständig, wenn ich nicht zum Schlusse mitteilte, daß eigentlich alle Bestandteile der Haube untereinander durch Faserkollateralen in Beziehung stehen. Aus der Substantia nigra treten solche dorsal in die Schleifenschicht. Aus der medialen Schleife treten welche nach den roten Kernen, aus den Bindearmen Fasern in die Schleifenschicht. Die alles durchquerenden Züge des tiefen Markes treten ebenso zu ihren Nachbarorganen in Beziehung.

Auch kennen wir von der Anordnung des seitlich von den roten Kernen liegenden Feldes, der Gegend, in welcher der Tractus thalamo-olivaris liegt, noch sehr wenig. Wahrscheinlich gelangt das meiste, was dort zu sehen ist, in den Thalamus. So hat es schon Meynert angenommen. Neuere Untersuchungen haben ihn nur bestätigt. Außer dem erwähnten Zug zu den Oliven können hier herauf die Tractus spino-thalamici und die sekundäre Trigeminusbahn, die ebenfalls im ventralen Thalamus endet, verfolgt werden. Wahrscheinlich liegen auch in der Gegend dicht lateral vom Nucleus ruber noch Tractus thalamo-spinales.

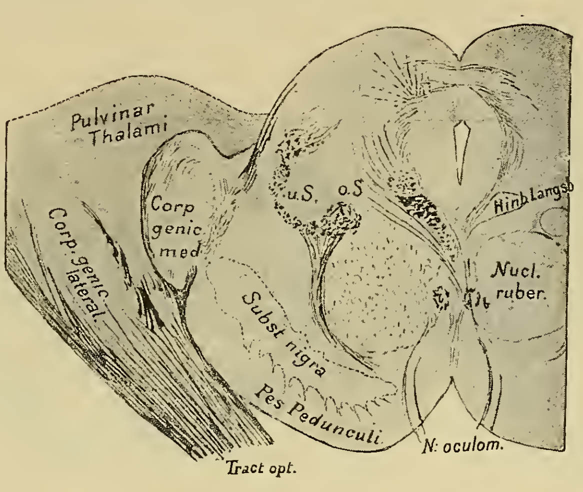


Fig. 174.

Frontalschnitt durch die vorderen Vierhügel einer Frucht aus dem neunten Monat. o. S. Tractus bulbo-thalamicus u. S. Tractus, bulbo-tectalis.

Sie sehen, im Mittelhirn ist zweifellos ein mächtiger Apparat gegeben, der Erregungen aus fast allen Teilen des Zentralapparates zusammenordnen, umordnen kann. Dieser Apparat muß ebenso wie der Eigenapparat des Rückenmarkes und der Oblongata zu den Grundmechanismen des Nervensystemes gehören, denn er wiederholt sich mit nur geringfügigen Änderungen durch die ganze Vertebratenreihe. Innerhalb der Säugerreihe kann er, abgesehen von der gelegentlich enormen Ausbildung der Tractus acustico-tectales und der Defekte bei blinden Tieren als überall gleich angesehen werden.

Es ist nun sehr auffallend und ein guter Beweis dafür, wie schlecht wir noch beobachten, daß bisher keine Symptome gefunden worden sind, welche speziell durch Zerstörung des mächtigen Vierhügeldaches mit der Faserung des tiefen Markes entstehen, für eine solche Zerstörung charakteristisch sind. Wir können nur aus den anatomischen Anordnungen — Endigung der sekundären Akustikusbahn im hinteren Hügel usw. — einiges erschließen. Die beweisende Beobachtung fehlt noch durchaus. Auch die Versuche an Nichtsäugern, welche zumeist Mittelhirndach und Mittelhirn-

faserung nicht genügend auseinander halten, haben bisher sehr wenig Charakteristisches ergeben.

Die Diagnose einer Erkrankung im Mittelhirn ist dadurch erleichtert, daß hier die zentralen motorischen und sensiblen Bahnen relativ nahe den Augenbewegungskernen und dem Apparat für die Pupilleninnervation liegen.

Herde im Bereiche der Hirnschenkel treffen die motorische Faserung für die gegenüberliegende Körperhälfte inklusive der gekreuzten Kopfhälfte. Auch sensorische und vasomotorische Störungen können eintreten. Meist aber wird nicht nur die Extremitätenmuskulatur und einer oder mehrere Hirnnerven gelähmt, sondern es treten auch Störungen im Okulomotorius der erkrankten Seite auf. Wenn gleichzeitig ein Okulomotorius und die ihm gekreuzte Körperhälfte gelähmt werden, darf man an einen Herd unter den Vierhügeln denken. Solche Kranke können die Glieder einer Seite nicht oder nur teilweise bewegen, das obere Lid hängt herab, die Pupille ist erweitert, der Augapfel durch den

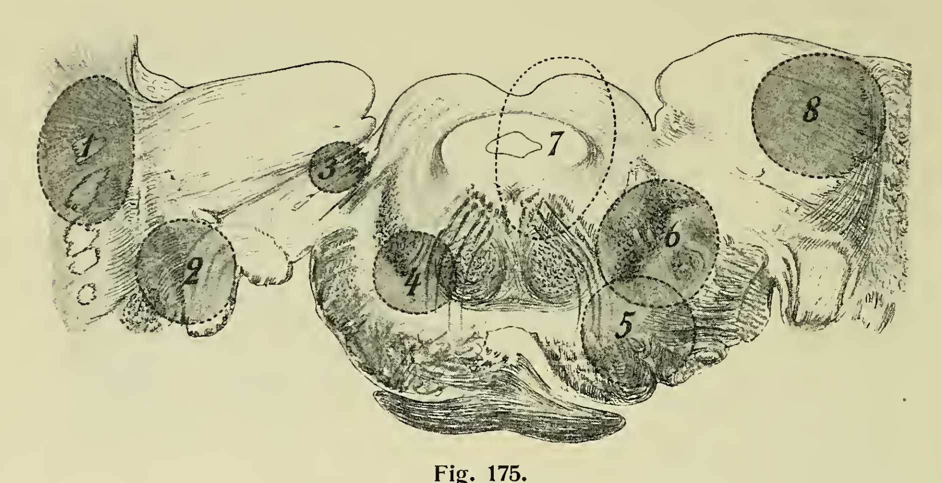


Fig. 175.

Einige supponierte Herde im Gebiete des frontalen Mittelhirnes.

M. rectus externus nach außen rotiert. Durch einen Tumor an der Hirnbasis könnten, wie ein Blick auf Fig. 206 zeigt, die gleichen Symptome einmal erzeugt werden; es ist deshalb wichtig für die Diagnose, wenn Augen- und Extremitätenlähmung gleichzeitig auftreten, was im letzterwähnten Falle nur durch eine ganz besondere Kombination der Verhältnisse vorkommen dürfte. Wenn Anästhesie auftritt, ist sie ebenfalls nur auf der der Erkrankung entgegengesetzten Seite vorhanden. Die sensiblen Fasern verlaufen wahrscheinlich zum größten Teile in der Schleife.

Reicht ein Krankheitsherd weiter dorsal und trifft die Corpora quadrigemina selbst, so tritt außer der, wie ein Blick auf unsere Querschnitte zeigt, fast selbstverständlichen einseitigen oder doppelseitigen Okulomotoriusstörung bei Erkrankung des vorderen Vierhügels Sehschwäche ein; zuweilen ist ophthalmoskopisch gar nichts Abnormes dabei nachzuweisen. Bei Tumoren kann natürlich, wie bei Tumoren an anderen Stellen des Gehirnes, Stauungspapille, Sehnervenatrophie usw. eintreten. Meist ist die Pupille ganz reaktionslos. Welche Symptome den Erkrankungen der hinteren Vierhügel zukommen, wissen wir nicht. Man hat Gleichgewichts- und Koordinationsstörungen dabei eintreten sehen. Wahrscheinlich kommen auch Gehörstörungen vor.

Am leichtesten wird der Verdacht auf Vierhügelerkrankung rege, wenn beide Okulomotorii gelähmt sind und periphere Ursachen (an der Hirnbasis) sich ausschließen lassen, oder wenn nur ein Teil eines Okulomotorius (z. B. nur die Fasern zu den inneren Augenmuskeln) geschädigt ist. Bei Affektion des peripheren Stammes ist das kaum möglich, solche Lähmungen sind fast immer nuklearer Natur.

Zu erwarten wäre noch, daß durch gelegentliche Beteiligung der Kleinhirnfaserung Zwangsstellungen und dergl. auftreten. Sicher sind — wahrscheinlich durch Beteiligung des tiefen Markes — ataktische Störungen beobachtet, welche bei allen Bewegungen vorkommen. Sie beeinflußten aber nicht, wie diejenigen nach Kleinhirnherden, die Gesamtstatistik, störten Gang und Haltung nicht wesentlich.

Einige Beispiele werden das erläutern.

Durch den Herd 2 der Figur 175 wird wesentlich Hemianopsie erzeugt werden, weil die Hauptendstätte des linken Traktus zerstört wurde.

Der Herd 3 erzeugt, nach einer Beobachtung von Monakow, Störungen der Pupillenreaktion auf Licht, weil er die wohl im vorderen Arm liegende Bahn aus dem Optikus zu dem Pupillarzentrum zerstört.

Durch den Herd 4 wird wegen der Schleifenaffektion eine wesentliche Gefühlsstörung auf der gekreuzten und durch Affektion der Okulomotoriuswurzeln eine Lähmung einiger auf der gleichen Seite liegender Augenmuskeln entstehen. Ganz dasselbe, aber mit Beeinträchtigung der Motilität, wird der Herd 5 erzeugen.

Gekreuzte motorische und sensorische Störung ohne oder mit geringer Beteiligung des Augenbewegungsapparates erzeugt der Herd 6.

Ein Patient mit Herd 7, einer nicht seltenen Affektion durch Tumoren, wird dadurch auffallen, daß neben einer einseitigen oder doppelseitigen Okulomotoriuslähmung mit kompleter Erweiterung der Pupillen eine Amblyopie auftritt, für welche der Spiegelbefund keine Erklärung gibt.

Die Herde Nr. 1 und 8 fallen in die Stabkranzfaserung, die wir noch nicht näher studiert haben. Es handelt sich im wesentlichen um Bahnen, die den Anschluß sensibler im Thalamus endender Züge an die Hirnrinde vermitteln. Ihre Erkrankung macht, je nach der speziellen Art, Anästhesien oder auch zentrale nach außen projizierte Schmerzen. Bei 8 kann es auch zu Sehstörung neben der Gefühlsstörung kommen.

Sechzehnte Vorlesung.

Das Zwischenhirn. Sein Dach, seine Basis, der Sehnervenursprung.

M. H.! Ausgehend von den peripheren Nerven sind wir über den Eigen- und den Leitungsapparat des Rückenmarkes, der Oblongata und der Brücke, auch des Mittelhirnes nun frontal bis dahin gelangt, wo mit den Sehnerven die letzten echt peripheren Nerven in das Gehirn eindringen. In dieser Höhe, in den Gegenden dicht vor den Vierhügeln enden auch die allermeisten Leitungsbahnen, welchen wir bisher begegnet sind. Ein ganz neuer Apparat tritt auf, der nur indirekt mit dem bisher beschriebenen in Verbindung steht, ein Apparat, der nicht mehr zu den Grundmechanismen des Gehirnes gehörend, bei den verschiedenen Tierarten recht verschieden ausgebildet ist. Dieser Apparat ist der Thalamus und die ventro-kaudal von ihm gelegenen

kleineren Kerne, welche man als Metathalamus und Hypothalamus zusammenfasst. Hier enden die sekundären sensiblen Bahnen alle, hier entspringen die dünnen Züge zum motorischen Apparat des Rückenmarkes und andere noch unbekannter Bedeutung. Neue mächtige Ganglien treten auf, in welchen alle Züge aus dem Corpus striatum und aus der Großhirnrinde enden. Alle auch senden Züge hinaus in die Rinde. Sie sind in ihrer Ausbildung durchaus abhängig von der Ausdehnung der Rinde, atrophieren auch wenn diese zerstört wird. Bei den Fischen

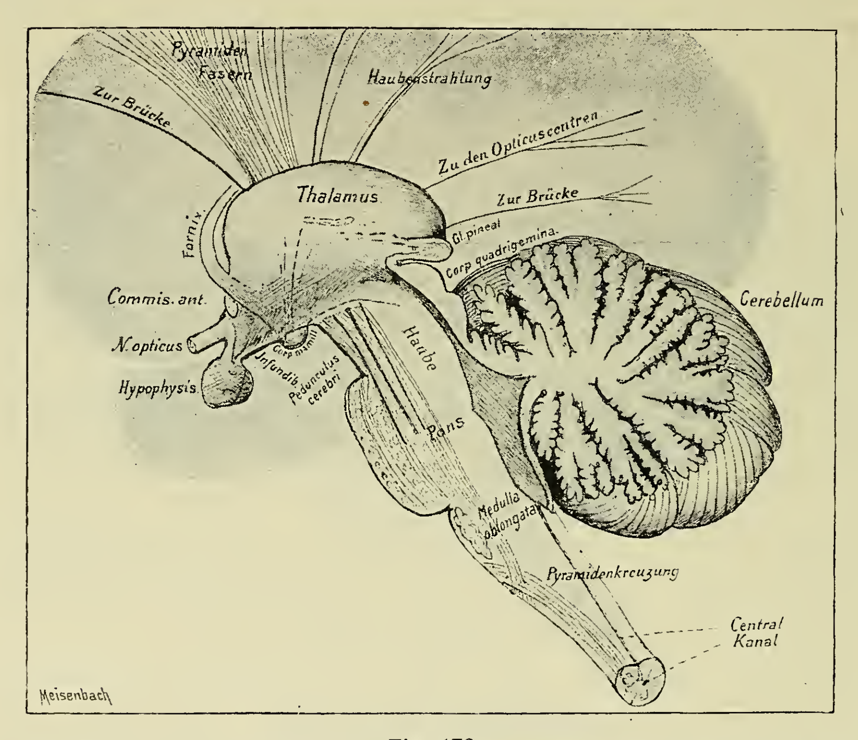


Fig. 176.

Sagittalschnitt durch das Zwischenhirn und die hinter ihm liegenden Gebilde, genau in der Mittellinie. Die Verlaufsrichtung einer Anzahl von Fasern aus dem Fuße zur Rinde ist durch Linien angedeutet.

ohne Großhirnrinde und bei den Amphibien mit ganz kleiner Rinde fehlen die meisten der Ganglien, welche den Thalamus zusammensetzen oder sie sind nur in Spuren vorhanden. Es hat sich offenbar während der Stammesentwicklung aus einem unbedeutenden, dem bisher beschriebenen Eigenapparat vorgebauten Mechanismus durch das Auftreten der Großhirnrinde und ihrer Strahlung ein ganz neuer Apparat ausgebildet.

Die Thalamusganglien sind zumeist beim Menschen und den Affen mehr ausgebildet als bei den kleinen Säugern mit kleinem Großhirnmantel.

Schon Figur 39 hat Ihnen gezeigt, wie der Thalamus mitten in die mächtige Markfasermasse des Großhirnes eingebettet ist. Fig. 176 soll dasselbe und die Beziehung zu dieser Markmasse, sowie zu den Vierhügeln in das Gedächtnis zurückrufen. Die ganze Faserung des Hirnschenkelfußes tritt, wie sie zeigt, an der Hirnbasis in das Großhirn ein. Sie zerspaltet sich in ihm zu nach verschiedenen Richtungen gehenden Zügen. Auf dieser Faserung ruht der mächtige, etwas eiförmige Körper des Thalamus. Nahe dem Eintritt in das Gehirn, also an der Basis, legen sich zwischen Thalamus und Fußfaserung die Ganglien des Meta- und Hypothalamus, weiter frontal zieht die Fußfaserung direkt außen an den Thalamusganglien vorbei, ihren Endstätten zu. Ihre Gesamtmasse wird hier Capsula interna genannt, weil sie den Thalamus gewissermaßen einkapselt.

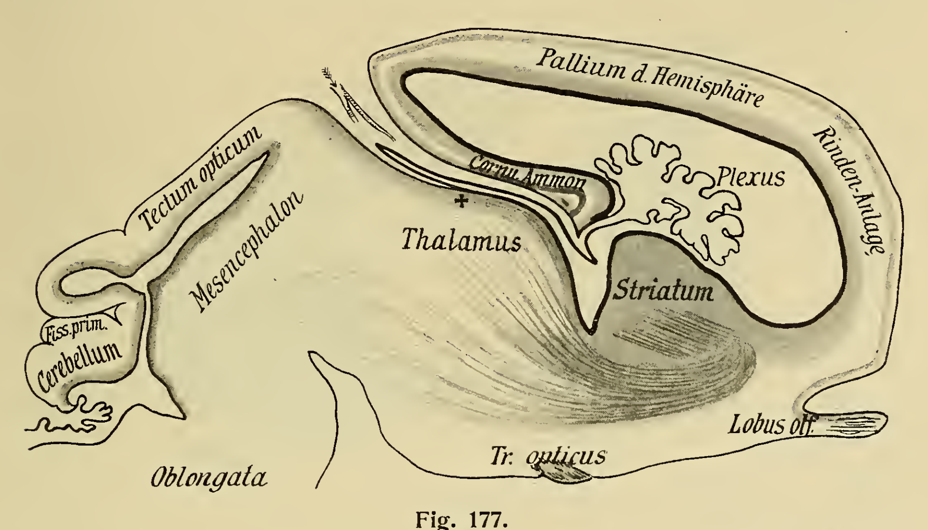


Fig. 177.

Sagittalschnitt durch das Gehirn eines fast reifen Marderembryo. Man verfolge die dick gezeichnete Umgrenzung der Mittelhirnhöhle.

Die mächtige Masse der Thalamusganglien bildet die Seitenteile des Zwischenhirns. Seine Höhle, der Ventriculus tertius ist dorsal und ventral nur durch dünne Membranen von der Schädelhöhle geschieden. Betrachten wir zunächst die dorsale Abgrenzung, die

Deckplatte des Zwischenhirns. (Fig. 178.)

Direkt an die Kommissurenplatte des Mittelhirnes schließt sich die Epiphysis an. Ihre frontale Wand geht dann in die dünne Epithelplatte des Plexus choroides ventriculi tertii über und diese endet nach mannigfachen, ventrikelwärts gerichteten, zottenförmigen Ausstülpungen in der Mittellinie an der Lamina terminalis. An den Seitenteilen aber stülpt sich die Deckplatte durch das Foramen Monroi neben der Lamina terminalis zum Plexus chorioides für die Seitenventrikel des Vorderhirnes aus. Fig. 177 zeigt das gut. An diesem seitlich gelegten Sagittal-

schnitte erkennen Sie auch, wenn Sie von der Stelle, wo Cornu Ammonis steht, her, die Kontur des Plexus verfolgen, daß er sich schließlich wieder kaudal wendet, einen Fortsatz bis in die Nähe des Mittelhirndaches, dicht über die Epiphysengegend sendet und schließlich etwa in der Mitte der Thalamuslänge, bei x der Fig. 177, in dessen ventrikulären Epithelüberzug ausläuft. Dies zu berücksichtigen ist deshalb wichtig, weil nur so sich ergibt, daß der kaudale Thalamusabschnitt ganz wie das Mittel- und Kleinhirn extraventrikulär liegt. Wahrscheinlich ist das für den Ablauf mancher endocranialer Eiterungen wichtig.

Die kaudalen 2/3 des Thalamus liegen also extraventrikulär im strengeren Sinne, wenigstens in ihrem dorsalen Abschnitt. Aber sie sind eben hier von dem erwähnten Plexus von oben her zugedeckt. Diese

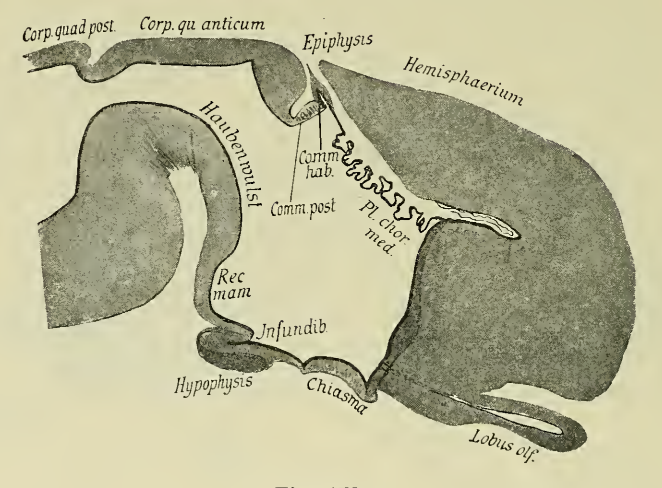


Fig. 178.
Dasselbe, ganz medial.

Verhältnisse lassen sich am erwachsenen Menschen nicht mehr leicht nachweisen, weil da allerhand Verklebungen der vielgefalteten Membranen eingetreten sind, aber bei Föten sieht man ganz deutlich, daß dem so ist.

Vorn geht die Decke des Zwischenhirnes direkt in die schmale Schlußplatte über, welche die Zwischenhirnhöhle gegen den Schädelraum abschließt. In der Schlußplatte liegen seitlich die Gewölbepfeiler, Fornixsäulen (Fig. 35). Sie wird durchquert von den Fasern der Commissura anterior ventral und von denjenigen des Balkens dorsal. Beiderseits von ihr führt das Foramen Monroi (Fig. 35) in die Seitenventrikel der Hemisphären.

Die Glandula pinealis (Zirbel), Epiphysis.

Sie wissen, daß die Epiphyse sich ganz aus einer Ausstülpung des epithelialen Hirndaches aufbaut. Diese wird schon früh von einwucherndem Bindegewebe mit Gefäßen umgeben und bald mehrfach aus- und

umgestülpt. Das erwachsene Tier zeigt, daß abgesehen von diesem Bindegewebe, im wesentlichen Neurogliazellen mit massenhaften, sie über- und durchquerenden Fortsätzen die Hauptmasse der Epiphyse bilden. Es ist nicht wahrscheinlich, daß alle Zellen der Glia angehören; vielfach sieht man solche von durchaus epithelartigem Charakter, mit Kernen, die heller und größer als die der Gliazellen sind, auch ganz andere Körnung zeigen. Am genauesten hat Dimitrova bei den verschiedensten Säugern diese Zellen untersucht. In ihrem Inneren finden sich, abgesehen von dem nur bei erwachsenen Tieren regelmäßigen Pigment, immer eigentümliche glasige, kugelige Gebilde, die sehr an ähnliche Dinge in sezernierendem Epithel erinnern. Nicht selten findet man auch epithelausgekleidete enge Hohlräume, offenbar die Reste des embryonalen Sackes. Nicolas hat beim Kalb und Ochs einzelne Muskelfasern mitten in der Epiphyse gefunden und auch Dimitrova hat diese gesehen. Bei keinem anderen Tiere, auch beim Menschen nicht, sind sie bisher gefunden worden.

Irgendeine Funktion ist nicht bekannt und auch aus dem Baue des Organes zunächst nicht zu erschließen. Gelegentlich werden da oder dort auch einige Nervenfädchen gefunden, die mir den Eindruck machen, als handele es sich um aberierende Fasern aus der Kommissurenplatte kaudal von der Zirbel. Hier liegt, dicht vor der Commissura posterior, noch eine feine, immer vorhandene und schon bei den niedersten Vertebraten nachweisbare Kommissur, die Commissura habenularis. Sie entstammt aber nicht der Zirbel, sondern zwei langen Fasersträngen, die von der Hirnbasis herkommend, vorn am Thalamus emporsteigen, um dann längs seiner medialen Kante rückwärts zu einem dicht vor der Zirbel gelegenen Ganglion, dem Ganglion habenulae, zu treten. Diese Taenia thalami, deren Zusammensetzung wir später kennen lernen werden, sendet über das Ganglion habenulae hinaus kaudalwärts die Fasern der Kommissur. Ihr Verlaufstück zwischen Ganglion habenulae und Zirbel wird als Penduneulus conarii (Fig. 35) bezeichnet.

Der Kreuzungszug aus dem Taeniae, ist Fig. 181 sehr deutlich im Querschnitt. Dort ist auch zu sehen, wie der beim Menschen fast massive Zirbelkörper noch beim Kaninchen als Ausstülpung des Vorderhirndaches erscheint und in den Plexus chorioides übergeht.

Die Zirbel enthält außer den Schläuchen und reichlichen Gefäßen noch den Hirnsand, kleine Konkremente von geschichtetem Bau, die aus Kalksalzen und geringer organischer Grundlage bestehen.

Über die Lage der Glandula pinealis am hinteren Thalamusende, zwischen den Vierhügeln, orientieren Sie Fig. 35, 163, —.

Verfolgen wir nun auf Fig. 178 die Schlußplatte weiter, so sehen wir, daß sie sich an der Hirnbasis wieder kaudal wendet. So bildet sie den Boden des Zwischenhirnes.

Eine kleine, ganz frontale Aussackung, der Recessus praeopticus

führt über zu einer Verdickung, dem Chiasma nervi optici, in welcher mehrere kleine Kreuzungen und unter welcher eine sehr mächtige, das Chiasma der Sehnerven, liegt. Dann senkt sich die ganze graue Masse des Zwischenhirnbodens als Infundibulum trichterförmig ventralwärts. Die Hervorragung, welche dadurch am Hirnboden entsteht, ist das Tuber cinereum. Seine äußerste, etwas verdickte Spitze liegt fest eingebettet in das Gewebe der

Hypophysis (Fig. 178).

Die gebräuchliche anatomische Nomenklatur faßt die ganz verschiedenen Teile des basalen Hirnanhanges als Hypophysis zusammen, ein Namen, der eigentlich nur dem epithelialen Anteil zukommen sollte. Deshalb unterscheidet sie mehrere Lappen; den infundibularen Hirnfortsatz nennt sie hinteren, den drüsigen Abschnitt aus dem Pharynxepithel den vorderen Lappen; zu diesen käme dann noch ein dritter Abschnitt zwischen beiden, mit breiten Epithelschläuchen.

Die Hypophysis ist ein aus Epithelschläuchen gebildeter Knäuel, welcher fest mit dem Lobus infundibuli verwachsen ist und, wie Sie wissen, aus der Rachenschleimhaut stammt. Neuere Untersuchungen (Flesch, Dostojewsky) ließen in ihm zweierlei Zellen, kleinere helle und größere, körnig-trübe, erkennen. Da bekanntlich ganz ähnliche Elemente in mehreren sehr aktiven Drüsen vorkommen, so wird es wahrscheinlich, daß auch die Hypophysis noch irgendeine physiologische Funktion erfüllt. Eben darauf weist auch ihre in mehreren Fällen von Myxödem bisher nachgewiesene Größenzunahme hin. Zwischen dem pharyngealen und dem zerebralen Hypophysislappen findet man noch eine Anzahl weiterer epithelbedeckter Schläuche, deren Hohlraum, soweit ich bisher sehen kann, weder mit dem einen, noch anderen Hypophysisteil zusammenhängt.

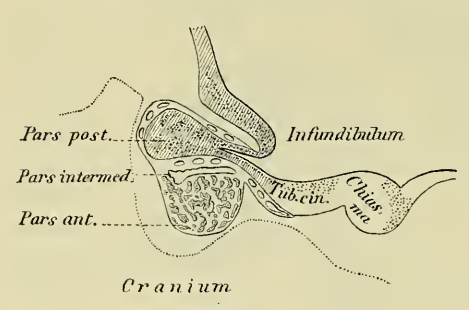


Fig. 179.
Sagittalschnitt durch den Hirnboden und die Hypophysis vom viermonatlichen menschlichen Embryo. Kombiniert aus drei aufeinander folgenden Schnitten.

Die neueren physiologischen Untersuchungen lassen es als wahrscheinlich erscheinen, daß dem Hypophysensekret eine den Blutdruck erhöhende Eigenschaft zukommt. Ein Ausführungsgang — in die Schädelhöhle — wurde von Bela Haller behauptet, aber niemals wiedergefunden. Meine eigenen, speziell darauf gerichten Untersuchungen ließen erkennen, wie leicht gerade hier Trugbilder entstehen können, wenn etwa Epithelschläuche schräg angeschnitten werden. Es ist viel wahrscheinlicher, daß die Zellen ihr Sekret direkt nach außen in Lakunen zwischen ihnen und dem gefäßtragenden Bindegewebe ergießen. Es ist mir zweimal gelungen, durch Anstechen des Hirnanhanges ein solches Lakunensystem mit Berlinerblau zu füllen.

Kaudal von der Hypophysis wendet sich der Zwischenhirnboden wieder dorsal. Hier liegen in ihm zwei kleine Gangliengruppen, die Corpora mamillaria, und schließlich gewinnt er als dünne, graue Platte, Substantia perforata posterior, wieder den Anschluß an die Mittelhirnbasis. Diese letztere ragt dick in den dritten Ventrikel hinein und wird Haubenwulst genannt.

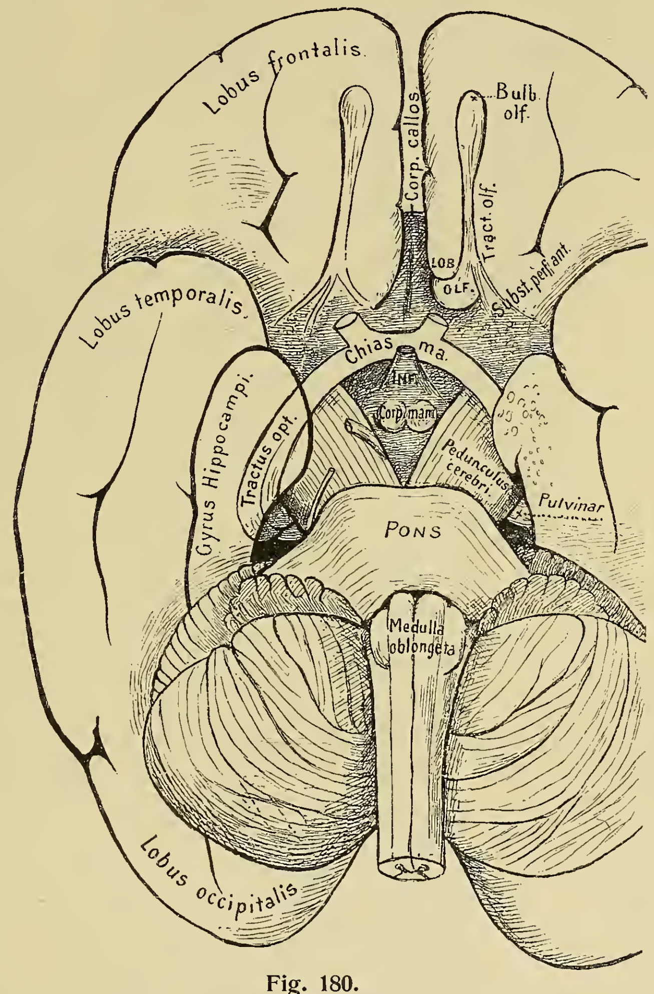


Fig. 180.
Die Hirnbasis des Menschen.

Der Trichterboden zeigt, Retzius, noch beim Menschen mehrere nicht ganz konstante seitliche Vorragungen, in denen kleine Gangliengruppen, die später zu beschreiben sind, liegen. Bei den niederen Vertebraten, besonders bei den im Wasser lebenden gibt es hier ganz enorme Ausstülpungen, Säcke von dem Charakter wie ein Plexus chorioides, mit reicher Blutversorgung. Auch von diesem Saccus vasculosus erhält sich gelegentlich eine Andeutung nach Retzius dicht hinter dem Infundibulum.

Die Corpora mamillaria

sind zwei dicht nebeneinanderliegende, beim Menschen und den Primaten kleine, bei allen Riechsäugetieren kräftig ausgebildete Halbkugeln, die vorn in dem Dreieck liegen, welches die Hirnschenkel zwischen sich lassen. (S. Fig. 180.) Sie sind in ihren Faserbeziehungen ziemlich gut bekannt, in ihrer Bedeutung noch völlig unklar.

Seit Guddens Untersuchungen unterscheidet man an ihnen mehrere Kerne. Ein medialer Kern mit etwas differenter dorsaler und ventraler Abteilung und ein seitlicher Kern sind immer deutlich.

In beiden Ganglien enden Faserbündel und entspringen andere. Vergleichen Sie zunächst, um eine Formanschauung zu gewinnen, Fig. 181, auf welcher ein Sagittalschnitt durch das ganze Corpus mamillare mit allen Faserbeziehungen gegeben ist.

Zunächst ziehen aus dem Marke des Ammonshornes im Großhirne und aus dem Marke der dicht über dem Balken liegenden Großhirnwindung hierher die Crura fornicis herab. Die Fornixschenkel verhalten sich bei verschiedenen Tieren — nur da hat man ihr Verhalten experimentell studieren können — ziemlich verschieden. Jedenfalls endet ein Teil ihrer Fasern in dem medialen Ganglion. Dieses atrophiert nach Zerstörung des Ammonshornes oder der Fornixsäule; ein anderer aber tritt gar nicht in das Ganglion ein, sondern kreuzt dorsal von ihm, um sich dann in die Tiefe der Haube zu begeben. Für verschiedene Tiere, ja für verschiedene Rassen eines Tieres, möglicherweise gar für verschiedene Individuen der gleichen Art — Gudden, Edinger und Wallenberg — sind die Kreuzungsverhältnisse verschieden. Manchmal — einzelne Kaninchen — scheint die ganze Fornixsäule in die Kreuzung zu geraten. Im allgemeinen ist der ventrale und laterale Abschnitt des medialen Ganglions Endstelle des Fornix. Aus dem dorsalen Abschnitte des gleichen Ganglions entspringt ein Faserbündel, das sich bald nach seinem Abgang, dicht über dem Corpus mamillare, teilt. Die frontalen Schenkel ziehen dorsal zu dem Ganglion anterius des Thalamus — Tractus mamillo-thalamicus — die kaudalen gehen weit rückwärts bis zu dem dorsalen Haubenganglion dicht hinter den kaudalen Vierhügeln (Fig. 121), Tractus mamillo-tegmentalis. Die Teilung ist von S. Ramon y Cajal und Kölliker gefunden worden. Der Tractus mamillo-thalamicus atrophiert nach Verletzungen des Thalamus ebenso wie nach Anstechen des Corpus mamillare, er ist also wohl doppelläufig.

Die kleine Kreuzung dorsal vom Corpus mamillare, welche, zum Teil wenigstens, Fornixfasern enthält, heißt Decussatio subthalamica posterior. Man kann mehrere Systeme in ihr unterscheiden, von denen auch eines zwischen den beiden Luysschen Körpern zu verlaufen scheint. Dieses ganze Kreuzungssystem ist bei den Reptilien viel besser zu übersehen und studiert.

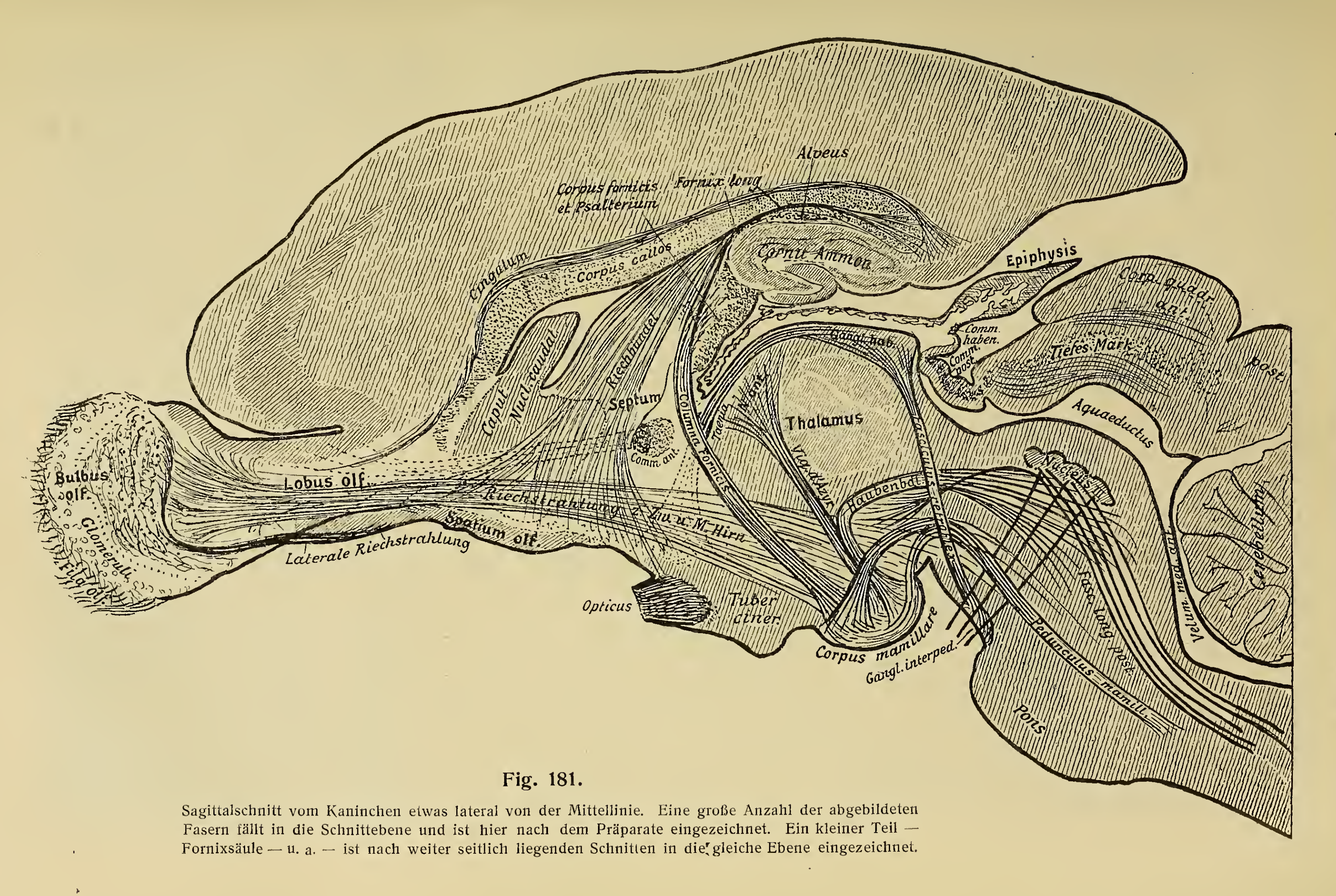


Fig. 181.

Sagittalschnitt vom Kaninchen etwas lateral von der Mittellinie. Eine große Anzahl der abgebildeten Fasern fällt in die Schnittebene und ist hier nach dem Präparate eingezeichnet. Ein kleiner Teil — Fornixsäule — u. a. — ist nach weiter seitlich liegenden Schnitten in die gleiche Ebene eingezeichnet.

Seitlich am Thalamus, eingeschoben zwischen das Corpus geniculatum laterale und die zu ihm ziehende Optikusfaserung liegt das

Corpus geniculatum mediale.

Es ragt, wie Fig. 164 zeigt, an der Außenfläche deutlich hervor, sein frontaler Abschnitt aber liegt bereits in der Tiefe der Thalamusmasse. Dieser beim Menschen und den Affen kleine Körper ist bei den scharfhörigen Tieren, den Walen, den Mäusen, Fledermäusen usw. enorm entwickelt. Er erhält einen mächtigen Zuzug durch den Arm des lateralen Hügels sowohl aus diesem selbst, als ganz besonders aus der zentralen Akustikusbahn. Dieses Bündel ist bei der Fledermaus eines der allermächtigsten in dieser Hirngegend, bei Menschen ist der Stil des Geniculatum mediale nur dünn. Stil und Ganglion atrophieren, wenn in der Akustikusendgegend die Faserung zerstört wird. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, daß dieses Ganglion dem Gehörapparate angehört. Dafür spricht auch die Rindenbahn, welche in es einstrahlt. Sie stammt Monakow aus dem Schläfenlappen, der Gegend des Gehirnes, welche nach klinischen Erfahrungen dem Hören irgendwie dient.

Für Lage und Form des Geniculatum mediale vergleichen Sie Fig. 163, 164.

Wahrscheinlich aus diesem Ganglion stammt die Commissura inferior Gudden, Fasern, welche, unter dem Ganglion hervortretend, dorsal vom Sehnerven ihm parallel zum Chiasma ziehen und über diesem kreuzen (Fig. 182). Ich halte es für wahrscheinlich, daß diese „Kommissur", deren seitliche Bündel sehr nahe an den ventralen Striatumteil verfolgt werden können, im wesentlichen eine Verbindung dieses Ganglions mit dem Geniculatum mediale, also ein Tractus striogeniculatus ist. Auch Obersteiner ist dieser Ansicht.

Auf Fig. 180 sehen Sie, daß die Außenseite des Zwischenhirnbodens von dem Tractus opticus bedeckt ist. Lassen Sie uns jetzt

Die Ursprungsverhältnisse des Sehnerven

genauer studieren. Fig. 182 gestattet eine Übersicht über den ganzen Verlauf. Sie sehen da, daß die Optikusfasern in das Chiasma eintreten und daß sich aus diesem beiderseits die mächtigen Tractus optici entwickeln. Diese können rückwärts ohne Mühe bis in ein Ganglion an der Unterseite des Thalamus, das Corpus geniculatum laterale, und in den Stil des vorderen Vierhügels verfolgt werden. Auch in den mächtigen Höcker, der kaudal aus dem Thalamus hervorragt, das Pulvinar thalami, gelangt ein Zug.

Weitaus die Mehrzahl der Fasern des Sehnerven entspringt aus den Ganglienzellen der Retina. Wird ein Auge ausgerottet, so degeneriert er fast vollständig bis in das Chiasma hinein. Dort aber teilen sich die entarteten Fasern, ein guter Teil kreuzt hinüber zum anderseitigen Traktus, besonders zu dessen medialer Seite, ein anderer zieht in die laterale Seite des gleichseitigen Traktus. Das Chiasma enthält also eine Semidekussation.

Es hat ungeheure Mühe gekostet, diese einfachen Verhältnisse zu erkennen. Erst mit Ausbildung der Degenerationsmethoden ist man zur Sicherheit gelangt. Deshalb existiert über den Bau des Chiasma eine größere Literatur als über den irgendeines anderen Hirnteiles. Die wichtigsten Arbeiten stammen von Gudden, Monakow, Singer und Münzer, Henschen und S. Ramon y Cajal.

Bei diesen Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß nicht für alle Tiere die Verhältnisse so liegen wie sie hier für den Menschen geschildert worden sind. Die Säuger mit wesentlich seitwärts stehenden Augen haben meist viel weniger direkte und viel mehr kreuzende Fasern.

Die Fasern der Traktus enden im Corpus geniculatum laterale, im oberflächlichen Marke des vorderen Vierhügels

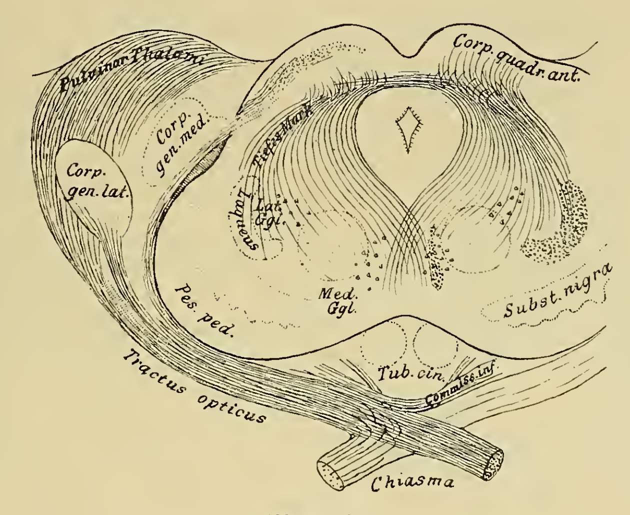


Fig. 182.
Chiasma und Endigung des Sehnerventraktus.

und in den äußersten Schichten des Pulvinar. Diese grauen Massen bezeichnet man als primäre Optikuszentren.

Die Hauptendigungsstätte ist jedenfalls das Corpus geniculatum laterale. Alle anderen kommen, wenigstens bei den Säugern, erst in zweiter Linie in Betracht.

Bei der Blindmaus — Spalax typhlus — wo die Optici fehlen, ist auch das Geniculatum laterale total zugrunde gegangen (Frankl-Hochwarth).

In den primären Optikuszentren endet immer die Großhirnfaserung für den Sehakt. Außerdem entsenden sie auch Bahnen zu den kortikalen Sehzentren. Ihre Zerstörung bringt also Fasern zur Rinde zum Schwund und Rindenzerstörung läßt eine mächtige Faserung bis in die primären Zentren hinein entarten. Dieses aus Tractus corticothalamici und thalamo-corticales zusammengesetzte System zieht in fast horizontalem geschlossenem Verlaufe kaudalwärts in die Großhirnrinde. Man faßt seine Züge zusammen als Gratioletsche Faserung oder als

Sehstrahlung. Es handelt sich um einen nicht unbeträchtlichen Faserzug, der sich aus den primären Zentren in gesonderten Bündeln entwickelt und von da rückwärts zieht, um sich in der Rinde des Cuneus und der Gegend etwa der zweiten und dritten Occipitalwindung zu verlieren (Fig. 176 ein Schema).

Der Optikusfasern, welche durch den vorderen Vierhügelarm zu dem Ganglion des Hügels ziehen, wurde bereits früher gedacht, auch des Marklagers im vorderen Hügel, welches durch die aus der „Sehrinde" eintretenden Fasern gebildet wird.

Das mächtige Ganglion des Corpus geniculatum laterale ist durch die eintretenden Sehnervenfasern und durch die ebenfalls eintretenden Züge aus dem Großhirn in eine ganze Anzahl Lamellen gespalten; weiße und graue Substanz wechseln mehrfach ab. Hier haben wir das Analogon der Vierhügelschichtung. Es ist Monakows trefflichen Untersuchungen über die Degenerationen, welche durch Augenverlust und diejenigen, welche durch Rindenerkrankung entstehen, gelungen, nachzuweisen welche Anteile dieser Schichtung jeder Faserkategorie angehören. Optikusfasern enden wesentlich in den ventralen und kaudalen Abschnitten des Geniculatum laterale. In die frontalen und dorsalen ergießt sich, von der Seite her kommend, das mächtige Mark der Sehstrahlung. An Fig. 183 sehen Sie das beiderseits oben außen sehr deutlich. Sie sehen da auch, daß ebensolche Fasern in das Pulvinar eintreten, dessen zarter weißer Überzug — Stratum zonale — von Optikusfasern gebildet wird. Man faßt diese ganze Einstrahlung als Stil des Geniculatum laterale und als Stil des Pulvinar zusammen.

In ihrem Ursprungsgebiet, der Rinde, und auf dem nächsten Verlaufe von da weg lassen sich die Stabkranzfasern zu den einzelnen optischen Endstätten nur schwer voneinander sondern. Weiter frontal aber erkennt man, daß die Fasern zum Pulvinar den dorsalen, die zum Geniculatum den lateralen Abschnitt einnehmen. Erst im kaudalsten Abschnitte der inneren Kapsel, dicht vor dem Eintritte in die primären Zentren — Fig. 183 — sind die einzelnen Teile der Sehstrahlung scharf voneinander gesondert. Der Stil zum Corpus geniculatum laterale liegt diesem als laterales Markfeld dicht an. Es stammt aus dem Cuneus, vielleicht auch noch aus dem Lobus lingualis. Dorsal von ihm treten die aus den beiden Occipitalwindungen stammenden Fasern der Sehstrahlung in das Pulvinar. Ihnen sind weiter dorsal Züge angelagert, welche sich in der Gitterschicht des Thalamus verlieren.

So stellt sich der Sehnervenursprung am Präparat vom erwachsenen Säuger dar. Es sind nun aber alle diese Fasern und Kerne so schwierig richtig zu deuten, daß wir uns fragen müssen, wie weit die betreffenden Befunde durch Untersuchungen an anderen Objekten gestützt werden. Zunächst bietet die vergleichende Anatomie in dem Mittelhirne der Fische und Vögel Optikuszentren von solcher Mächtigkeit, daß dort die Verhältnisse viel leichter als bei Säugern studiert werden können. Bei diesen Tieren, aber auch bei den Reptilien und Amphibien, erkennt man leicht, daß der Sehnerv in seiner Hauptmasse sicher in dem vorderen Vierhügel endet, und daß er auf seinem Laufe über das Corpus geniculatum laterale hinweg zahlreiche Kollateralen in dieses schickt. Experimentelle Untersuchungen (Gudden, Ganser, Monakow) an

Säugern ergeben, daß nach früher Ausrottung eines Auges der vordere Vierhügel, gewisse Schichten des Corpus geniculatum laterale und Fasern aus dem Pulvinar entarten. Das Pulvinar ist übrigens bei den meisten Säugern sehr klein und erreicht erst bei den Primaten einige Größe.

Schon aus dem Vorstehenden erhellt, daß mannigfache Untersuchungsmethoden angewendet worden sind, um den Verlauf und das Ende der Sehnervenfaserung zu ermitteln. Ich habe Ihnen das absichtlich etwas genauer mitgetheilt, weil die Geschichte unserer Kenntnisse hier lehrt, wie viel durch Anwendung vieler Methoden auf ein Objekt zu gewinnen ist, dann aber auch, weil ich noch über neue Fortschritte zu berichten habe, die, der zielbewußten Anwendung der Degenerationsmethode entstammend und durch die Ergebnisse der Entwicklungsgeschichte gestützt, über die Zusammensetzung und die histologische Endigungsweise des Optikus sehr Wichtiges lehren.

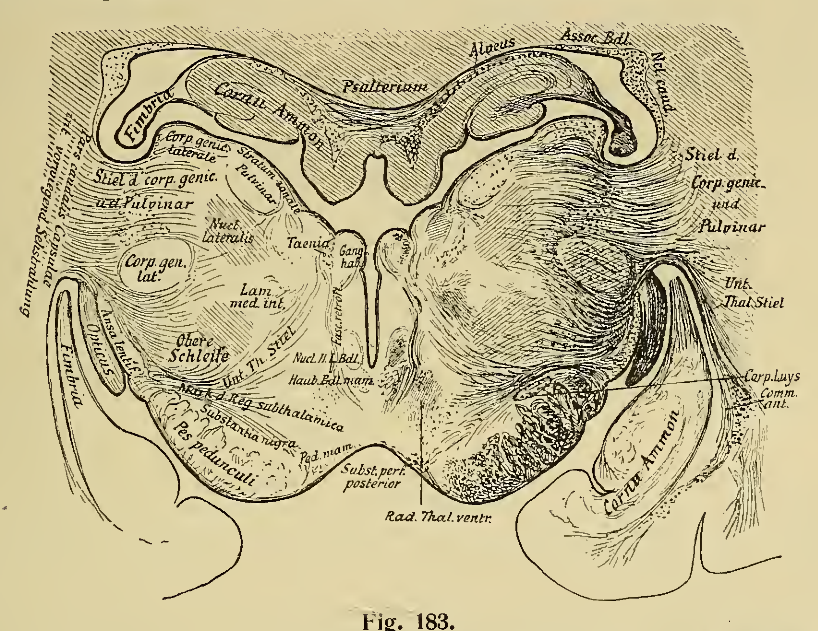


Fig. 183.

Hund. Frontalschnitt durch das Zwischenhirn in der Gegend des kaudalen Thalamusdrittels. Eintritt der Sehstrahlung aus dem Großhirn in die primären optischen Endstätten.

Sie wissen, daß nur solche Fasern entarten, welche von ihrer Ursprungszelle getrennt sind. Je nachdem man den Sehnerv an seinem Augenende zerstört oder in seinen Endpunkten schädigt, erhält man ganz verschiedene Degenerationsbilder. Das Studium solcher variierter Präparate hat zuerst v. Monakow zu dem Schlusse gelangen lassen, daß die Mehrzahl der Sehnervenfasern gar nicht aus Zellen des Gehirns, sondern aus den großen Ganglienzellen der Retina stammen muß. Die dort entspringenden Achsenzylinder ziehen im Optikus rückwärts und enden beim Menschen zumeist im Corpus geniculatum laterale und im Pulvinar, wahrscheinlich in pinselförmiger Aufsplitterung um die dort gelegenen Zellen herum. Die weißen Linien, welche das Grau des äußeren Kniehöckers durchziehen, bestehen zum Teile aus solchen Fasern, die direkt aus der Retina kommen. In der Tat haben P. und S. Ramon y Cajal bei Wirbeltieren aller Klassen im Mittelhirndache und im Corpus geniculatum laterale solche pinselförmig um Zellen herum endende Optikusfasern nachweisen können.

Es gibt aber im Optikus auch Fasern, die aus dem Gehirne entspringen. Aus den Zellen, welche in der oberflächlichen grauen Schicht des vorderen Vierhügels liegen, entspringen beim Kaninchen und der Katze sicher, beim Menschen sehr wahrscheinlich Optikusfasern, die sich dann nach der Retina begeben und dort, wahrscheinlich in einer Aufzweigung um die Zellen der Körnerschicht herum, enden. Der Sehnerv enthält also Fasern, die aus der Retina, und solche, die aus den primären optischen Zentren stammen. Auch Entwicklungsgeschichtliche Studien von Keibel und His haben gelehrt, daß ein Teil der Optikusfasern aus den großen Zellen der Retina hirnwärts auswächst.

Bei den niederen Wirbeltieren endet der Sehnerv zum größten Teile in den vorderen Vierhügeln, die anderen Ursprungsorte treten dagegen sehr zurück. Je mehr sich aber die occipitale Hirnrinde ausbildet, welche ihre Faserung wesentlich in die anderen Endstätten sendet und den Vierhügel nur mit einem relativ geringen Zuzug versieht, um so mehr



Fig. 184.

Schnitt durch das Corpus genic. lat. der Katze. Versilberung. Einstrahlen der Optikusfasern und Auflösen derselben in Pinsel. Nach P. Ramon y Cajal.

Sehnervenfasern entspringen aus jenen und um so weniger aus den Vierhügeln. Das geht noch in der Säugetierreihe so fort. Der noch beim Kaninchen sehr mächtige Anteil des Optikus zu dem vorderen Hügel ist beim Menschen ganz bedeutend atrophiert. Umgekehrt endigt bei dem Menschen die Hauptmasse des Sehnerven in dem Corpus geniculatum laterale.

Man kann das so ausdrücken: Tiere, die auf das Sehen mit den primären Endstätten allein oder fast allein angewiesen sind, haben vorwiegende Ausbildung des Vierhügelastes des Sehnerven. Sobald aber das Rindensehen sich entwickelt, treten die zur Rinde in engerer Beziehung stehenden Endstätten — Pulvinar, Corpus geniculatum laterale — in den Vordergrund und verringert sich relativ die Vierhügelportion des Optikus.

Zwei anatomische Verhältnisse, die bei allen niederen Vertebraten vorhanden sind, wurden bisher bei den Säugern noch nicht mit der

wünschenswerten Sicherheit festgestellt. Bei allen Fischen, Reptilien und Vögeln entspringt aus einem Ganglion kaudal und lateral von dem Infundibulum, dem Ganglion ektomamillare, ein mächtiger Optikuszuwachs. Ein ähnlich gelagertes Ganglion ist auch bei Säugern gefunden, aber diese basale Optikuswurzel, deren universelles Vorkommen bei den niederen Vertebraten ich festgestellt, ist bei Säugern durch Degeneration bisher nicht nachweisbar gewesen. Immerhin haben die schönen Untersuchungen von Marburg es sehr wahrscheinlich gemacht, daß sie doch existiert. Marburg findet sie in dem, was man seit Gudden Tractus peduncularis transversus nennt. Das ist ein merkwürdiges, beim Menschen nicht konstantes, bei Tieren überall nachgewiesenes Bündelchen, das etwas kaudal vom Geniculatum mediale an der Außenseite der Hirnschenkelhaube auftritt, sich ventral wendet und den Hirnschenkelfuß umgreifend, an dessen Medialseite nahe dem kaudalen Rande des Corpus mamillare in die Tiefe taucht. Es atrophiert — Gudden — nach Exstirpation eines Auges ganz oder zum Teil. Marburg hat gezeigt, daß es sich hier um einen Faserzug handelt, von dem mindestens ein Teil dem basalen Optikusbündel entsprechen dürfte. Die Fasern müssen aus der Retina entspringen, mit dem Tractus bis in die Gegend des Geniculatum laterale gelangen, dann sich von diesem trennen und ihrem Ursprungsort medial von den Hirnschenkeln zueilen. Dort liegt ein zerstreutes Ganglion mit großen Zellen in den spinalsten Ebenen des Corpus mamillare, lateral von diesem, wo die Traktusfasern verschwinden. Dies Ganglion wird von Marburg dem Ganglion ektomamillare homologisiert.

Die medialsten Optikusfasern sind bei allen niederen Vertebraten besonders dick. Sie enden nicht im Mittelhirndache, das sie nur als zwei Stränge jederseits von der Mittellinie überziehen, sondern im Ganglion isthmi. Außerdem führen sie Fasern aus jenem Ganglion zur Retina (Wallenberg). Ebensolche dicke Fasern sehe ich bei allen Säugern, auch beim Menschen. Sie sind aber noch nicht bis zu dem Endpunkte kaudal von den Vierhügeln verfolgt, wo sie von den Fischen bis zu den Vögeln enden.

Diese Basalwurzel und die Isthmuswurzel wären also noch bei Säugern näher zu studieren.

Wenn eine Affektion lediglich die Hirnbasis vor dem Pons betrifft, werden die Symptome, welche durch Reizung oder Lähmung der dort liegenden Nerven erzeugt werden, die zur Diagnose weitaus wichtigsten sein. Dazu können sich noch, wenn die Hirnschenkel mit betroffen werden, Motilitäts- und Sensibilitätsstörungen in den Extremitäten einstellen; eine genaue Analyse der Symptome an Hand einer Abbildung der Hirnbasis führt oft zu recht scharfer Lokaldiagnose.

Da im Chiasma die Sehnervenfasern nur partiell kreuzen, so bedürfen die von Druck auf dasselbe ausgehenden Erscheinungen einer besonderen Erwähnung. Sie führen zuweilen zu außerordentlich scharfer Präzisierung eines störenden Krankheitsherdes. Läsionen der aus dem Chiasma entspringenden Sehnerven erzeugen Schädigung des Sehvermögens auf dem ganzen von dem betreffenden Nerven versorgten Auge, und eine Läsion, welche das ganze Chiasma trifft, ruft natürlich doppelseitige Blindheit hervor. Sitzt

aber ein Herd kaudal vom Chiasma, in dem einen oder anderen Traktus, so erzeugt er nur Hemianopsie. Es fällt das nasale Gesichtsfeld auf dem gleichen, das temporale auf dem gekreuzten Auge aus. In seltenen Fällen hat man nur die nasale Hälfte des Gesichtsfeldes ausfallen gesehen, gewöhnlich war dann eine Läsion des lateralen Abschnittes des gleichseitigen Traktus vorhanden; auch doppelseitiger Ausfall des nasalen Gesichtsfeldes ist beobachtet. Ursache waren erweiterte Karotiden, die jederseits auf das Chiasma drückten. Häufiger schon scheint ein doppelseitiger Ausfall der temporalen Gesichtsfeldhälften zu sein. Die Ursache ist immer zu suchen in einer Affektion, welche, im kaudalen Winkel des Chiasma sitzend, beide kreuzende Bündel zerstört. Wiederholt bei Hypophysistumoren — und Akromegalie — beobachtet. Natürlich kommen alle möglichen Kombinationen vor. Beispielsweise wird ein Tumor, der von links her in das Chiasma hineinwächst und es zerstört, beide Gesichtsfeldhälften des linken Auges und die laterale des rechten vernichten, während die mediale Gesichtsfeldhälfte des rechten Auges so lange frei bleiben wird, als nicht die lateralsten Fasern des rechten Traktus ergriffen werden.

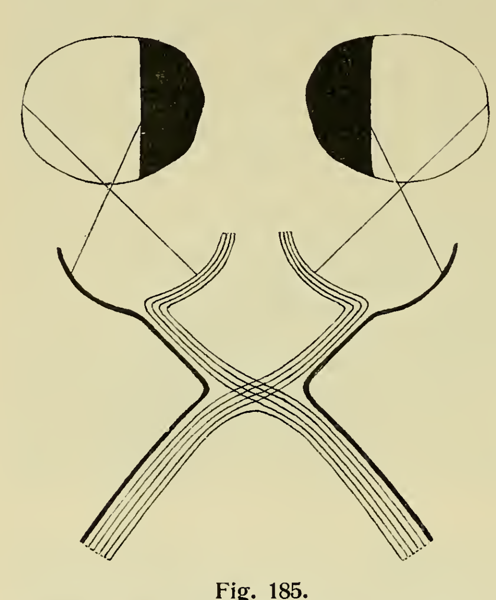


Fig. 185.
Schema des Faserverlaufes im Chiasma, zur Erklärung der Hemianopsie bei Basisherden.

Die Bahnen aus dem Auge, welche via Okulomotorius den Pupillenreflex vermitteln, verlassen den Traktus, wie Sie wissen, durch den vorderen Vierhügelarm. Ihre Endstätte besitzt keine Rindenverbindung. W e r n i c k e hat zuerst gezeigt, daß dieser Umstand benutzt werden kann, um Traktuserkrankungen von solchen zu unterscheiden, die in den kortikalen Endstätten sitzen. Beide machen natürlich Hemianopsie, aber die Hemianopsie durch Rindenerkrankung läßt die Pupillarreaktion intakt. Es gelingt manchmal, durch sorgfältige Beleuchtung nur der kortikal blinden Netzhauthälfte unter solchen Umständen Pupillarkontraktionen zu erhalten. — Hemianopische Pupillenreaktion.

Siebzehnte Vorlesung.

Die Ganglien der Regio subthalamica und die Thalamusganglien.

M. H.! Aus dem mächtigen Markmantel des Vorderhirnes ziehen, wie Sie an manchen bereits demonstrierten Abbildungen gesehen haben, die Bahnen des Hirnschenkelfußes herab zur Basis. Ihnen sind diejenigen beigemengt, welche sich in die Thalamusganglien einsenken. Die ganze Masse heißt Capsula interna. Auf der Capsula ruht der Thalamus. Er ist eine etwa eiförmige Ansammlung von Einzelganglien.

In. diese strahlen als Stabkranz des Thalamus die Tractus cortico-thalamici ein. Einzelne derselben sind zu besonderen Bündeln gesammelt — Stiele des Thalamus. Durch diese Einstrahlung ist der Thalamus so eng mit dem Vorderhirn verbunden, daß auf allen Schnitten, welche ich von heute an zu zeigen habe, immer lateral von ihm die erwähnte Markfaserschicht zu sehen sein wird. Über sie hinweg zieht, wie sich aus Fig. 35 ohne weiteres ergibt, der Schwanz des Nucleus caudatus, und lateral von der Capsula interna werden Sie immer dem Nucleus lentiformis begegnen.

Die Capsel enthält nun nicht nur die Tractus cortico-thalamici, die Tractus cortico-portini und die Tractus cortico-spinales, sondern auch noch ein weiteres Fasersystem, welches aus dem zweigeteilten Corpus

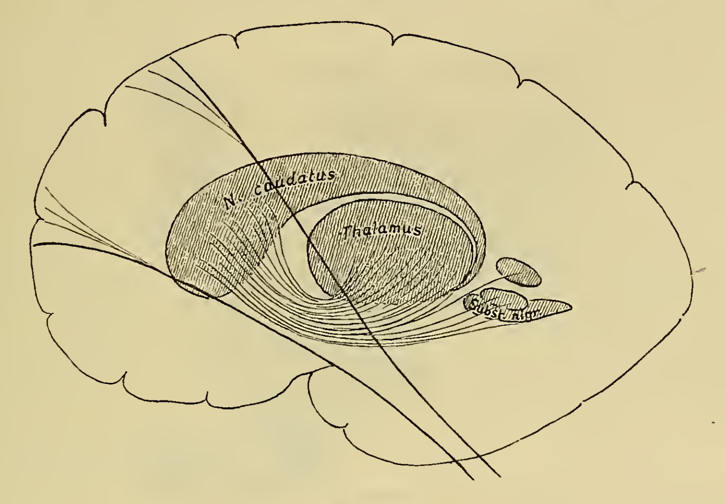


Fig. 186.
Die aus dem Schwanzkern entspringende Faserung zu den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirnes. Radiatio strio-thalamica. Der aus dem Linsenkern stammende Anteil ist weggelassen, er würde vom Beschauer nach dem Thalamus hin verlaufen.

striatum selbst stammt und ausschließlich im Thalamus und seinen Nachbarganglien endet. Dieses System, von welchem Fig. 186 ein Schema gibt, sind die Tractus strio-thalamici.

In den Thalamusganglien enden also Züge aus der Rinde des Großhirnes und Züge aus dem Corpus striatum.

Im kaudalen Abschnitt des Thalamus schieben sich zwischen ihn und die Fußfaserung einige Ganglien und Faserzüge ein, die diesem Abschnitt ein eigenes Gepräge verleihen.

Dieser Abschnitt heißt

Regio subthalmica, Hypothalamus.

Es ist genauer erst durch die Untersuchungen von Luys, von Forel, dann durch solche von Flechsig, Wernicke, Monakow und Kölliker bekannt geworden. Doch sind wir noch weit von einem Verständnis der komplizierten Verhältnisse entfernt, welche auf dem kleinen Raume vorliegen,

wo sich Fasern verschiedenster Provenienz treffen, verschlingen und kreuzen, wo graue Massen liegen, die zum Teil selbst wieder von einem engen Netz sich kreuzender, markhaltiger Fäserchen erfüllt sind.

Macht man (s. Fig. 187) einen Schnitt dicht frontal von den vorderen Vierhügeln durch den ganzen Hirnstamm, einen Schnitt, der etwas frontal von dem Fig. 170 abgebildeten liegt, so erkennt man, daß über der Fußfaserung noch immer, wenn auch etwas schmäler geworden, die Substantia nigra mit ihrer Faserung aus dem Striatum liegt, daß der rote Haubenkern markärmer geworden ist, weil die Bindearme zum größten Teil nun in ihm geendet haben, daß aber das Markfeld dicht lateral von ihm nun sehr viel ausgebildeter ist. Mitten in diesem liegt ein neues, bisher noch nicht beschriebenes Ganglion, das Corpus

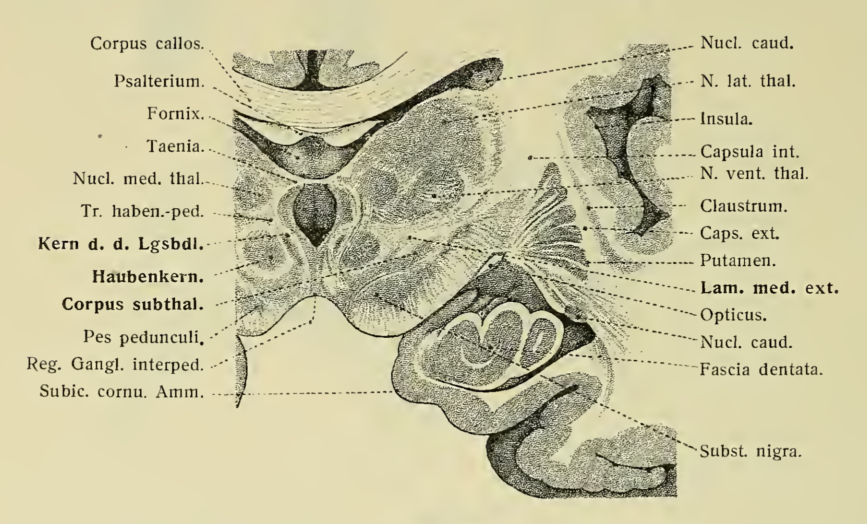


Fig. 187.

Mensch. Schnitt durch den kaudalen Thalamus und die Regio subthalamica.

subthalamicum, Luys. In den nächsten Schnitten frontal wird es noch größer sein als auf Fig. 187 und im wesentlichen den Raum dicht über der Fußfaserung einnehmen, welcher kaudaler der Substantia nigra angehörte. Ganz medial, im zentralen Höhlengrau, liegt jederseits von der Mittellinie der kleine Kern des dorsalen Längsbündels und diese ganze Kern- und Fasermasse wird von obenher durch den Thalamus begrenzt. Sein ventraler Abschnitt besteht hier aus dem mehrgliedrigen Nucleus ventralis. Er ist lateral umfaßt von einer sehr dichten Schicht markhaltiger Nervenfasern, der

Lamina medullaris externa.

Diese Faserschicht am ventralen Thalamusrand ist besonders wichtig, weil hier viele Züge in den Thalamus eintreten oder ihn verlassen. Ihre Fasern stammen aus mehreren Quellen und sind auch annähernd schichtweise geordnet, so daß man die einzelnen etwas ab-

scheiden kann. Immerhin waren es nur Degenerationspräparate, an denen man klar die Unterscheidung vornehmen konnte.

Es sind im allgemeinen 4 Arten von Fasern, welchen man hier begegnet.

1. Fasern aus dem Rückenmarke und der Oblongata zum Thalamus und solche umgekehrten Verlaufes.

2. Fasern aus dem Thalamus zu den Ganglien der Zwischenschicht selbst.

3. Rindenzüge zum Thalamus und den Ganglien der Regio subthalamica.

4. Striatumzüge ebendahin.

Dazu kommt noch ein bisher nicht entwirrtes feines Netzwerk, welches am dichtesten im Luysschen Körper ist, aber überall nachweisbar bleibt.

1. Von der ganzen Faserung, welche ich Ihnen in den früheren Vorlesungen schilderte, ragt bis in diese frontalen Höhen nur noch ein sehr kleiner Teil. Es sind die Bahnen aus den Kernen der Hinterstränge und aus dem Rückenmarke zum ventralen Thalamus, also die mediale oder obere Schleife, die homologen Züge aus dem gekreuzten Trigeminusendkerne, welche sich der ersteren Faserung hier dicht anschließen, und die sehr dünnen Züge aus dem Thalamus zur Oblongata und dem Rückenmarke, der Tractus thalamo-olivaris und die Tractus thalamospinales. Ihre Lage ist aus der Zeichnung (Fig. 99) rechts zu erkennen. Sie hat, wie Sie sehen, nicht wesentlich gewechselt. Hier, dicht über der Substantia nigra, lag schon im Mittelhirn die gleiche Faserung. Vergl. Fig. 170 mit Fig. 187.

Die sekundären sensiblen Bahnen treten in der Weise in den Thalamus ein, daß diejenigen, welche den längsten Weg haben, am weitesten lateral liegen. Schon im ganzen Verlauf der Oblongata und Brücke wurde das aus dem Rückenmark aufsteigende System immer ganz lateral in dem gemischten Seitenstrangbündel demonstriert. Es bleibt auch weiter oben so liegen und tritt als laterales Bündel der Lamina medullaris externa dicht unter dem Geniculatum laterale in den ventralen Thalamuskern ein. Medial von ihm verläuft aufwärts die sekundäre Trigeminusbahn. Sie tritt denn auch medialer ein und endet mit ihrem kaudaleren Anteil etwas dorsal und medial von dem vorgenannten Bündel. Ihr frontaler Anteil endet noch weiter medial und dorsal via Lamina medullaris interna in einem Kernabschnitt des ventralen Thalamuskernes — Nucleus centralis und Nachbarschaft. Die sekundären Bahnen aus den gekreuzten Hinterstrangkernen, die Hauptmasse der medialen Schleife also, gelangen natürlich noch weiter medial in die Lamina medullaris externa und durch sie in den inneren Abschnitt des ventralen Kernes. Die gegenseitige Lage dieser Bahnen und ihre extrakten Endpunkte hat durch sorgfältige Durchschneidungsversuche beim Kaninchen Wallenberg zuerst gefunden. Ihm verdanken

wir auch den Nachweis, daß die allermedialsten Fasern aus den Hintersträngen zwar wie die übrigen in die Schleifenschicht kreuzen, sich aber schon im Gebiete des Hirnschenkels von ihr trennen, also nicht wie jene in den ventralen Thalamuskern geraten. Sie bleiben vielmehr an der Hirnbasis und gelangen, da direkt frontal ziehend, in das medialste Ganglion der Regio subthalamica, in das Corpus mamillare. Dort enden sie im Ganglion laterale. Sie bilden den zentripetalen Anteil dessen, was früher als Stil des Corpus mamillare geschildert worden ist.

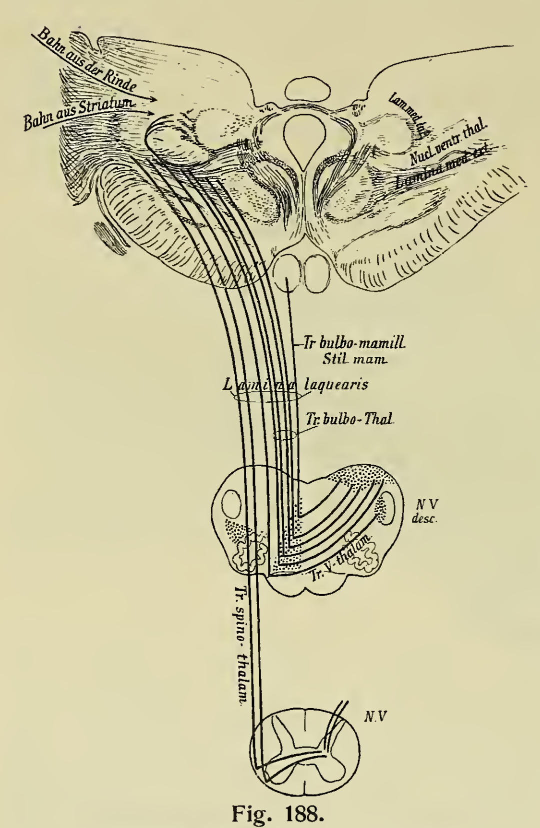


Fig. 188.
Schema der Einstrahlung in den Thalamus.

Die ganze sekundäre sensible Faserung endet also gekreuzt in den ventralen Thalamusabschnitten. Wird sie irgendwo unterbrochen, so entartet sie nicht weiter frontal. Vergl. Figur 122. Aber in den ventralen Thalamuskern gelangen auch mächtige Züge aus der Rinde, die Haubenstrahlung. Durch sie können die Gefühlseindrücke dem Apparate des Großhirnes zugeleitet werden.

Es hat außerordentlich vieler Arbeit bedurft, um diese Verhältnisse zu klären. Namentlich war bis in die neueste Zeit hin fraglich, ob nicht doch direkte Züge aus der Hirnrinde bis zu den Bulbärkernen der Hinterstränge gelangten — Flechsigs und Hösels Rindenschleife — aber besonders durch die Arbeiten von Monakow, Mahaim, Bielschofsky, Wallenberg, Probst u. a. sehen wir jetzt hier klarer.

2. Im medialen Abschnitte der Lamina medullaris externa verlaufen die Fasern, welche den Thalamus mit dem roten Kerne verbinden — Tractus rubro-thalamici. Sie umgreifen vielfach die frontale, dorsale und mediale Seite des roten Kernes, mischen sich hier mit den Zügen aus dem Bindearm des Kleinhirnes zum Thalamus und bilden als Ganzes eine Art Capsula nuclei rubri. (Fig. 148.)

3. Am weitesten lateral in das Markfeld der Lamina medullaris externa strahlen die Fasern ein, welche der Haubenbahn angehörend, den ventralen Thalamus, in dem die sekundäre Gefühlsbahn endet, mit der Großhirnrinde verbinden — Tractus cortico-tegmentales. Ihnen liegen wahrscheinlich die Rindenbahnen zum roten Kern, (Dejerine) direkt an.

Die mächtigsten Einstrahlungen in die Regio subthalamica sind aber nicht diejenigen aus der Rinde, sondern die Fasern aus dem von altersher Linsenkernschlinge — Ansa lentiformis. Auf der Fig. 187 sehen Sie diese Einstrahlung sehr deutlich dicht unter dem

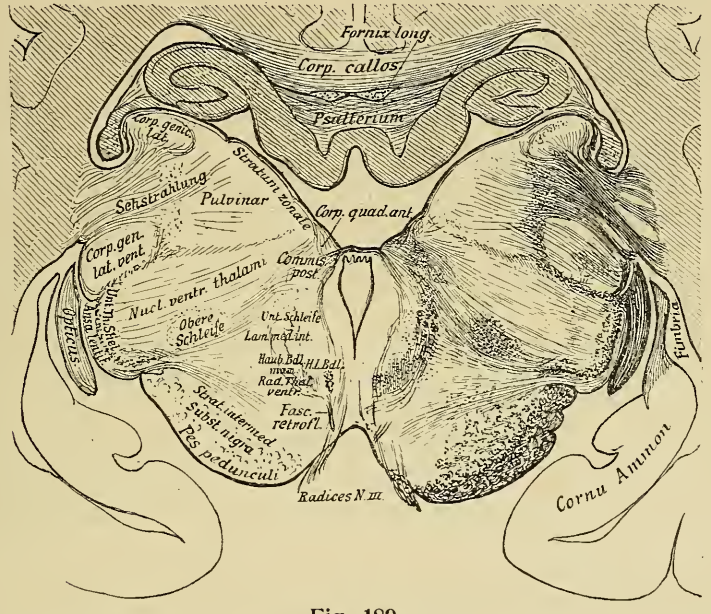


Fig. 189.

Übergang aus dem Zwischenhirne zum Mittelhirne. (Hund.)

Die Einstrahlung des Tr. strio-thalamicus (Ansa lentiformis) in die Regio subthalamica.

Der Schnitt durchquert die frontalsten Fasern der Commissura post. Stratum zonale-Fasern aus dem vorderen Vierhügel in den Optikus. Pulvinar. Nucleus ventralis thalami. Obere Schleife. Aus dem Ganglion habenulae hat sich der Fasciculus retroflexus abgelöst. Frontalste Fasern der unteren Schleife, aus einem im Texte nicht erwähnten grauen Kern, der direkt in das mittlere Mark der Vierhügel übergeht. Frontalste Okulomotoriusfasern. Hinteres Längsbündel. Die laterale, mit Sehstrahlung bezeichnete Faserung ist der Stiel des vorderen Hügels und der Stiel des Corpus geniculatum laterale. Der große als Nucleus ventralis thalami bezeichnete Kern geht kaudal ohne scharfe Grenze in das Corpus geniculatum mediale über. — Im Fuße des Hirnschenkels das Stratum intermedium aus der Einstrahlung der Stammganglionfaserung in die Regio subthalamica.

Corpus stratium, der kaudalste Abschnitt der Radiatio strio-thalamica. Sie verlassen das Stammganglion an seiner Basis, sammeln sich hier zu einem Faserzuge, der dicht über dem Tractus opticus, im Grau gelegen, die Hirnbasis von außen nach innen überquert, um dann nach seinen Endpunkten am Corpus subthalamicum und in dessen Nachbarschaft auszustrahlen. Dieses Bündel der Stammganglionfaserung heißt

von altersher Linsenkernschlinge — Ansa lentiformis. Auf der Fig. 189 sehen Sie diese Einstrahlung sehr deutlich dicht unter dem Tractus opticus auftreten und medialwärts ziehen. Auf ihrem Wege begegnet sie dem Corpus subthalamicum. Ihm gibt sie Fasern und dann spaltet sie sich in eine dorsale und eine ventrale Schicht. Man hat diese Marklager der Zwischenschicht nach ihrem ersten Beschreiber Forelsche Schichten H^1 und H^2 genannt. Auch das Bündel aus der Ansa zur Substantia nigra und dem Stratum intermedium des Pedunculus ist hier sichtbar.

Daß diese als einzelne Strata der Zwischenschicht bezeichneten Faserbündel aus dem Stammganglion mindestens zum großen Teile stammen, entnehme ich den Präparaten vom Hunde ohne Vorderhirn, dessen mehrfach hier gedacht wurde. Hier, wo alle Rindenbahnen entartet waren, sind sie allein erhalten geblieben.

Natürlich wird die Gegend, mit welcher wir uns hier beschäftigen, noch von zahlreichen Bündeln aus dem Mittel- und Zwischenhirn durchzogen. Betrachten wir dieselben an der Hand unseres Schnittes Fig. 189. Sie sehen lateral die Tractus bulbo-thalamici, vereint mit den Tractus spino-thalamici und dem Tractus quinto-thalamicus eben in den ventralen Sehhügel eintreten. Sie sind als „obere Schleife" bezeichnet. Medial treten eben die frontalsten Fasern des tiefen Vierhügelmarkes nach der Basis. Sie bilden das frontalste Stück dessen, was man früher untere „laterale" Schleife nannte. Ihre Querschnitte haben dicht lateral von den frontalsten Okulomotoriusfasern, welche der Schnitt noch getroffen hat, bereits ein kleines Feld angelegt. Weiter ventral, immer nahe der Mittellinie, folgen die frontalsten Züge des dorsalen Längsbündels aus dem im Haubenwulst gelegenen Nucleus fasciculi longitudinals dorsalis.

Auch der Traktus aus dem Corpus mamillare zum Haubenganglion hinter den kaudalen Vierhügeln ist natürlich hier quergetroffen, ebenso der mehrfach erwähnte Faserzug aus dem Ganglion habenulae thalami zum Corpus interpedunculare, das im Winkel der Hirnschenkel dicht vor der Brücke liegt, Fasciculus retroflexus der Abbildung. Nicht angegeben, aber gewöhnlich auch hier gut sichtbar, ist der mitten durch die Okulomotoriuswurzeln rückwärts zur Brücke verlaufende Stiel des Corpus mamillare.

Wollen Sie auch der auf unserem Schnitt gut sichtbaren Einstrahlung der Tractus occipito-thalamici aus der Rinde der Hinterhauptlappen in die primären Endstätten des optischen Apparates, der Sehstrahlung also, Ihre Aufmerksamkeit noch schenken.

Die Hauptmasse der **Thalamus** wird von mehreren Ganglien gebildet.

Diese Thalamuskerne sind weder am frischen Präparat, noch an Karmin oder Markscheidenfärbungen irgendwie scharf voneinander abzugrenzen. Was wir wissen, entstammt weniger diesen unsicheren Schnittbildern, als den viel präziseren Bildern, welche nach pathologisch eingetretenen oder künstlich hergestellten Atrophien, in einzelnen Kernen eintreten, andere intakt lassend. Es

gilt das zunächst zu berichtende wesentlich für den Menschen, den Hund und die Katze. Von dem Thalamus der Kaninchen (Nissl und Kölliker) hat man etwas genauere Kenntnis, aber es ist noch nicht an der Zeit, die Resultate, welche an Tieren mit so verschieden entwickelten Hemisphären gewonnen sind, einfach einander gleichzustellen, ich werde sie nachher separat besprechen.

Weiße, markhaltige Fasern, das Stratum zonale (Gürtelschicht), überziehen den Thalamus. Sie sind zu einem Teile in der Richtung nach der Hirnbasis in den Sehnerven hinein zu verfolgen, zum anderen scheinen sie aus den kaudalen Teilen der Capsula interna, vielleicht aus der Sehstrahlung, zu stammen. Alle senken sich in die Tiefe des Thalamus, wo sie sich zwischen dessen Ganglien in Zügen sammeln und so diese scheinbar voneinander trennen. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß sie in das feine Nervenfasernetz, das diese Ganglien erfüllt, eindringen. Man kann in jedem Thalamus unterscheiden: einen medialen (inneren) Kern, der in den Ventrikel hineinragt, einen lateralen oder äußeren Kern und zwischen beiden den vorderen Kern. Der laterale ist der größte, der vordere gleicht einem mit dem stumpfen Ende nach vorn zwischen die beiden anderen Ganglien eingedrängten Keile. Dies vordere dickere Ende, welches auf der Thalamusoberfläche als Erhebung vorn sichtbar ist, haben wir früher schon als Tuberculum anterius kennen gelernt (Fig. 35).

An den medialen Kern grenzt und ist beim Menschen nicht leicht von ihm abscheidbar das Pulvinar, ein mächtiges Polster, das, den ganzen kaudalen Abschnitt des Thalamus einnehmend, als Wulst in den Ventrikel hineinragt. Am medialen Rande des inneren Kernes liegt das Ganglion habenulae. Vergl. Fig. 190.

Ein Marklamelle, die Lamina medullaris interna, grenzt den medialen von dem lateralen Kerne ab. Die Lamina medullaris externa am ventrolateralen Rande des Thalamus ist bereits erwähnt. Die erwähnten Kerne werden durch die Lamellen immerhin mindestens der Lage nach charakterisiert. Anders aber ist es mit einer wichtigen Kernmasse, welche, den ganzen ventralen Thalamusabschnitt einnehmend, ohne scharfe Grenze in den lateralen Kern übergeht. Diese Masse wird als die des ventralen Kernes bezeichnet. In ihr kann leicht eine Dreiteilung nachgewiesen werden. Der medialste Abschnitt ist ein rundliches Gebilde — Nucl. centralis — Centre median v. Luys — ihm liegt ein halbmondförmiger Nucleus arciformis lateral an und dann folgt die diffuse Masse des Ventralkernes oder des ventralen Abschnittes des Lateralkernes. In diesen ventralen Kern strahlt via Lamina medullaris externa die ganze sensible Faserung ein. Er ist neben dem Ganglion habenulae wahrscheinlich der phylogenetisch älteste Thalamuskern, denn beide Ganglien kommen schon bei den Fischen vor und sind bei Reptilien und Vögeln schön ausgebildet.

Da, wo die Stabkranzfasern aus der Capsula interna in den Thalamus eintreten, zerspalten und kreuzen sie sich vielfach. Zwischen ihren

Maschen bleibt graue Substanz. Deshalb ist die ganze Außenseite des Thalamus von einer netzförmigen Formation, der Gitterschicht, überzogen. Wahrscheinlich liegt in dieser ein eigener Kern, der Kern der Gitterschicht.

Da die meisten markhaltigen Fasern in den äußeren Kern einstrahlen, so sieht dieser heller aus als die anderen Kerne des Sehhügels.

Die Thalamusganglien atrophieren zu gutem Teile, wenn das Rindengebiet, aus dem sie ihre Einstrahlung empfangen, zugrunde geht. Deshalb kann man nach jeder Rindenverletzung entartete Fasern finden, welche in den Thalamus einstrahlen, um da zu enden. Nissl,

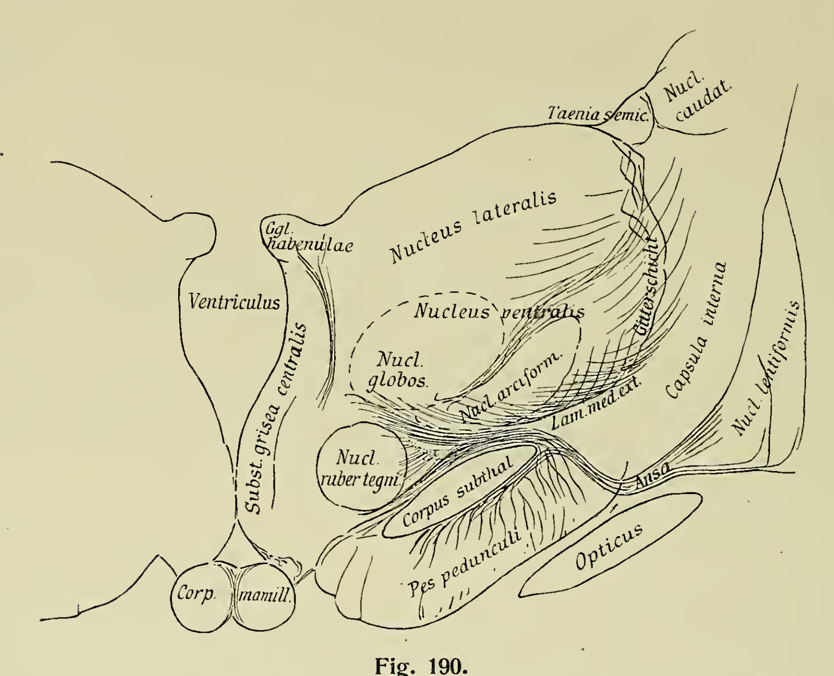


Fig. 190.
Schema eines Thalamusfrontalschnittes zur Orientierung über die Kerne.

v. Monakow u. a. Die Zerstörung des Thalamus selbst, zeigt — Probst —, daß auch aus dem Thalamus Bahnen in alle Teile der Rinde einstrahlen, daß also der Stabkranz des Thalamus, so heißt die Gesamteinstrahlung aus der Rinde, doppelläufig ist.

Monakows auf die Tractus cortico-thalamici speziell gerichtete Untersuchungen lehren, daß die am meisten frontal und medial liegenden Sehhügelabschnitte mit den Windungsgruppen des Stirnlappens, die lateralen Kerngruppen mit den Parietalwindungen und die ventralen mit dem Operculum zusammenhängen. Ungefähr das gleiche lehren die Untersuchungen von Probst über die Tractus thalamocorticales. Vielfach findet die Einstrahlung der Traktus corticothalamici et thalamo-corticales in mehr oder weniger geschlossenen

Bündeln statt, die man dann als vorderen, unteren, hinteren Thalamusstiel bezeichnete. Vergl. Fig. 183, 191, 192 und 194.

Da wir beim Menschen nur eine ganz provisorische Einteilung der Thalamuskerne vornehmen konnten und da über den Thalamus der meisten Säuger auch nicht viel mehr bekannt ist, so scheint es wichtig, daß Sie von den Kernen in dem bisher mit Zellfärbungen allein gut studierten Thalamus des Kaninchens Kenntnis nehmen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß es gelingen wird, sie auch im Primatenthalamus aufzufinden. Der Kaninchenthalamus ist von Nissl, Kölliker und v. Münzer und Wiener studiert worden. Die Angaben der letzteren, welche die früheren berücksichtigen, lege ich Ihnen vor.

Im frontalen Thalamus liegen zunächst die dorsale, mediale und ventrale Abteilung des Nucleus anterior. Die mediale Abteilung grenzt an das zur Massa intermedia verdickte zentrale Grau. Hier wird sie noch umfaßt von einer konkaven Platte, dem Nucleus arcuatus, der weit kaudal, nahe dem

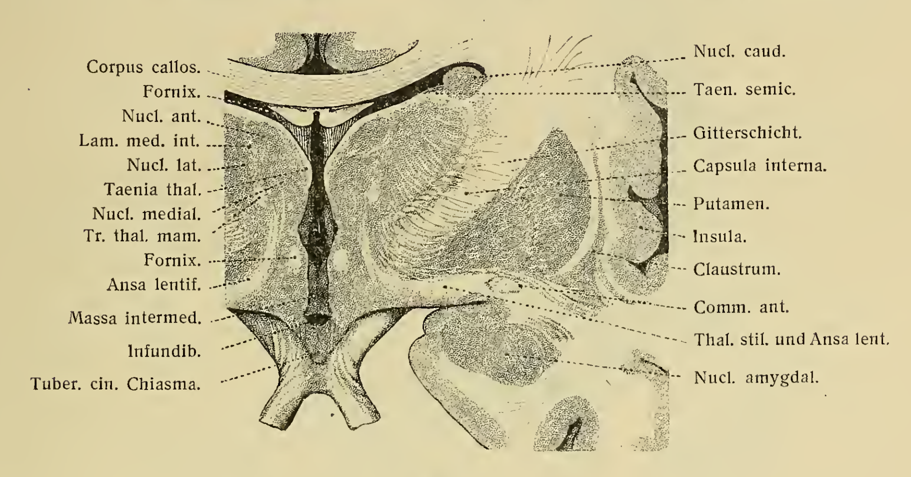


Fig. 191.

Mensch. Schnitt durch den Thalamus in der Höhe des Infundibulum. Eintritt der lateralen Faserung und des unteren Stieles.

Vierhügel in zwei Zipfeln, einem dorsalen und ventralen Nucleus arcuatus, endet. Wenig weiter kaudal legt sich an die Außenseite dieser ganzen Kernmasse der Nucleus anterior lateralis, zunächst nur als eine dünne Schicht, aber bald zu einem dicken Ganglion anschwellend. In den Markstrahlen, die ihn von dem ventralen Kern trennen, liegt die Platte eines Nucleus magnocellularis. Da, wo kaudal der Nucleus ant. lat. verschwindet, tritt eine neue Zellmasse auf, welche bis tief in das Vierhügelgrau verfolgt werden kann, der Nucleus posterior. In diesen kaudalen Ebenen liegt an der Basis des Thalamus der aus mehreren nebeneinander gelagerten Teilen bestehende Nucleus ventralis. Innerhalb der Gitterschicht wird der Nucleus reticularis und im zentralen Höhlengrau noch ein medialer Kern desselben unterschieden.

Im vergleichend anatomischen Abschnitte soll gezeigt werden, daß die viel durchsichtigeren Thalamuskerne der Reptilien und besonders die der Vögel zahlreiche Berührungspunkte mit diesen Angaben bieten. Fast alle Kerne sind bei den Vögeln schön ausgebildet vorhanden. Dort soll auch der Versuch einer Homologisierung gemacht werden.

Alle Thalamusstiele setzen sich zusammen aus den Fasern aus der

Rinde und aus denjenigen aus dem Corpus striatum. Der untere Stiel läßt das am deutlichsten erkennen. Aus dem Schläfenlappen und aus dem Nucleus lentiformis stammend, muß er erst eine kurze Strecke das Gehirn medialwärts überqueren, wie Fig. 192 sehr gut erkennen läßt. Diese dicht vor dem Tractus opticus liegende Fasermasse, in welcher ein Ganglion, Ganglion der Linsenkernschlinge, liegt, hat Meynert Substantia innominata genannt. Der Striatumanteil heißt

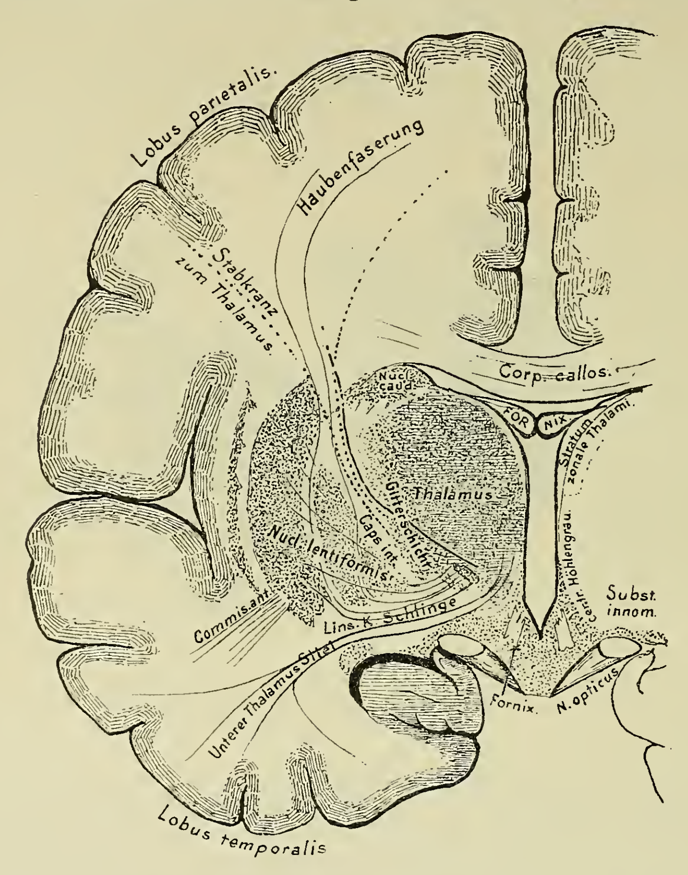


Fig. 192.

Schema eines Hirnschnittes mit der Einstrahlung in den Thalamus. „Thalamusstiele".

Ansa peduncularis. Er bildet also, vereint mit dem ventralen Tractus cortico-thalamicus, jene Subst. innominata. S. Fig. 192 unten links.

Sie sehen: der Sehhügel erhält aus der Rinde und dem Striatum eine mächtige Faserung und entsendet in die Rinde eine ebensolche. Kaudalwärts entsendet er nur wenige Züge. Solche zum roten Haubenkern, solche zum Rückenmark (und der Oblongata), die noch keineswegs allseitig anerkannt sind. Er nimmt kaudal die gesamte sekundäre sensible Faserung aus dem Rückenmarke und Oblongata auf.

Im Inneren des Thalamus verlaufen noch eine Anzahl, Ihnen aus früheren Vorlesungen zumeist bekannter Faserzüge. Aus den kaudalen Ebenen, aus dem ganz basal liegenden Ganglion des dorsalen Längsbündels, entspringen dessen frontalste Fasern.

In den Nucleus anterior strahlen außer dessen Stabkranz die Züge des Tractus mamillo-thalamicus aus dem Ganglion mamillare ein, welche man nach ihrem Entdecker Viq d'Azyrsches Bündel genannt hat (Fig. 181).

In das ganz medial liegende, beim Menschen kleine, bei Tieren aber immer sehr mächtige Ganglion habenulae gelangt ein Faserzug wesentlich aus der Riechgegend des Vorderhirnes, die Taenia thalami.

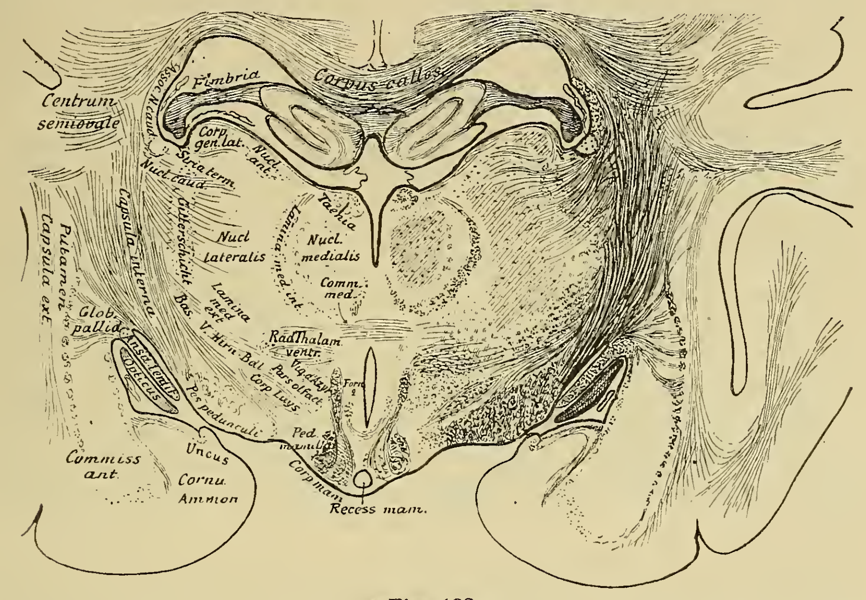


Fig. 193.

Hund. Frontalschnitt durch zirka die Mitte der Thalamuslänge. Unter dem Balken liegen die Frontalenden beider Ammonshörner, verbunden durch das Psalterium, jederseits die mächtige Fimbria aussendend. Im Thalamus: Nucleus medialis und lateralis in ihrer größten Breite, von einander getrennt durch die quer getroffene Lamina medullaris interna, dorsal begrenzt durch die Taenia thalami, in welche Fasern aus dem Stratum zonale gelangen, durch den kaudalen Teil des Nucleus anterior und das dorso-frontale Ganglion des Ganglion habenulae. Ganz lateral und dorsal der Schwanz des Nucleus caudatus und sein Begleitbündel. Aus der Capsula interna tritt der Stabkranz des Nucleus lateralis und des Nucleus anterior herein; zwischen Nucleus lateralis und Capsula entwickelt sich aus dem ersteren die Lamina medullaris externa. An der Basis das Corpus mamillare; in welches auf dieser Schnitthöhe das Vicq d'Azyrsche Bündel aus dem Nucleus anterior und das Haubenbündel vereint eintreten. Lateral entwickelt sich der Pedunculus mamillaris, dorsal, direkt unter dem Ventrikel, die Decussatio subthalamica anterior. Die Capsula interna wird an der Unterfläche als Hirnschenkelfuß frei. Dorsal vom Corpus Luys die Fasern des tiefen Riechmarkes und, diesen dicht aufliegend, die Ratiatio thal. ventr. Lateral von der Capsula interna der Linsenkern, aus dem die Schlinge sich dicht an den Fuß legt. Zwischen Schlinge und dem ventralen Teile des Ammonshornes der Nervus opticus.

Auf Fig. 181 sehen Sie ihren ganzen Verlauf, ebenso wollen Sie auf Fig. 35 u. 193 das Bündel am medialen Rande des Ventrikels aufsuchen. Die Taenia thalami zieht dicht frontal von dem Thalamus aus der Hirn-

basis dorsal und wendet sich dann kaudal zu ihrem Endpunkte im Ganglion habenulae. Daß sie dabei Kommissur- oder Kreuzungsfasern — Commissura habenularis — abgibt, wurde bereits erwähnt. Die Taenia erhält dann noch aus der Hirnrinde selbst einen Faserzug, der sich aus dem Fornix abspaltend, zuerst beim Kaninchen von Lothringer gesehen wurde. Dieser Tractus cortico-habenularis ist ebenso wie ein aus der Tiefe des Thalamus stammender Anteil — Tractus thalamo-habenularis — schon von den Reptilien ab als ständiger Taeniaanteil vorhanden.

Der Ursprung der Taenia aus dem „Riechfelde" des Gehirnes, der bei niederen Vertebraten noch viel deutlicher als beim Menschen ist, legte die Vermutung nahe, daß es sich bei diesem Faserzug, der bei allen Vertebraten nachweisbar ist, um irgendeinen Anteil des zentralen Riechapparates handele. Dem widerspricht aber, daß das Bündel nicht nur bei den Walen, wo der Riechapparat fast fehlt, vorhanden ist, sondern daß es gerade bei den Vögeln, wo der Apparat kaum ausgebildet ist, auch recht stark ist. Wir werden im zweiten Teil dieses Buches das noch zu besprechen haben.

In jedem Schnitt, der frontal von den Corpora mamillaria liegt, findet man beiderseits von der Mittellinie, mitten im zentralen Grau des Thalamus, zwei übereinander liegende Bündelquerschnitte (Fig. 191). Der dorsalere gehört den Tractus mamillo-thalamicus-Vicq d'Azyrsches Bündel an, jenem bereits bei Schilderung des Corpus mamillare erwähnten Faserzug, dessen aus dem medialen Ganglion des Corpus mamillare austretende Züge in zwei Teile zerfallen. Der kaudalere tritt als Haubenbündel zum dorsalen Haubenganglion, der frontale Teilast senkt sich in die Ventralseite des Nucleus anterior thalami ein.

Der dickere Faserquerschnitt unter dem Viq d'Azyrschen Bündel entstammt den Fornixsäulen, die aus dem Großhirn wie Fig. 35 zeigt, zur Hirnbasis hinabziehen. Sie senken sich in das mediale Ganglion des Corpus mamillare ein. Auf dem sehr frontal liegenden Schnitte der Fig. 191 sind die beiden Bündelquerschnitte noch durch einen weiten Zwischenraum voneinander getrennt. Nur die Fornixsäule ist zunächst als geschlossener Zug sichtbar, die Fasern des Tractus mamillo-thalamicus liegen dicht unter dem Nucleus anterior. Je weiter man aber mit Schnitten kaudal kommt, je mehr man sich also dem Corpus mamillare nähert, um so dichter rücken natürlich die beiden Bündel aneinander, die ja im gleichen Ganglionkomplex aufgehen (Fig. 193). Am besten vergleichen Sie, um über die Lage dieser Fasern zueinander klar zu werden, den Sagittalschnitt (Fig. 181). Dort sehen Sie auch, daß es weiter kaudal noch einen dritten Zug aus dorsalen Thalamusgegenden zur Hirnbasis gibt, den Tractus habenulo-peduncularis.

Das aus einem markhaltigen und einem marklosen Anteil bestehende

Bündel gehört jedenfalls zum Grundmechanismus des Gehirnes, denn es ist in gleicher Weise wie beim Menschen schon bei Petromyzon und den Selachiern vorhanden. Seine im Ganglion habenulae entspringenden Fasern ziehen schräg abwärts, rückwärts, medial am roten Kerne vorbei, Fig. 170 u. 181 zur Hirnbasis, wo sie gekreuzt in dem Ganglion interpedunculare enden. Meynert hat diesen Zug wegen seines Verlaufes Fasciculus retroflexus genannt und dieser Name ist heute der gebräuchlichere.

In dem Boden des Thalamus liegen mehrere Kreuzungen oder Kommissuren. Ganz frontal, dicht über der Masse des Chiasma, findet man die wahrscheinlich aus dem Geniculatum mediale stammenden Fasern der sog. Guddenschen Kommissur und wenig hinter ihnen

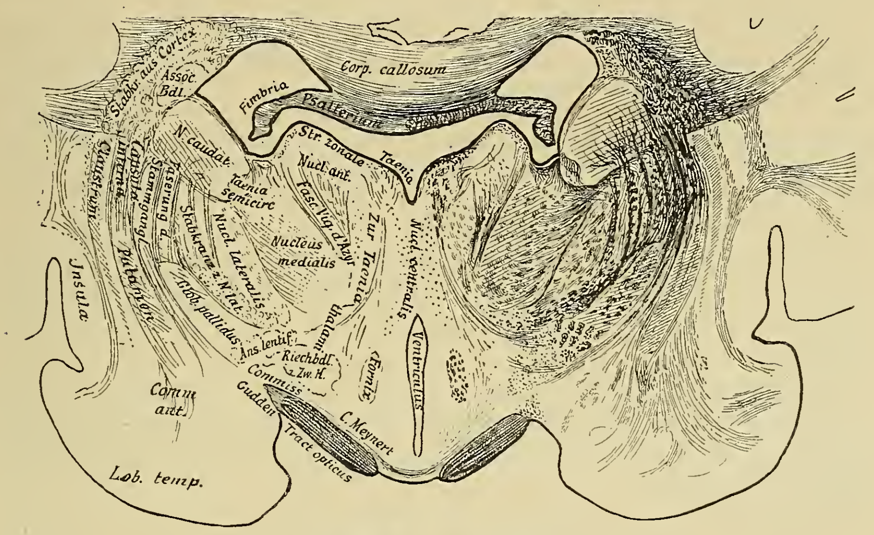


Fig. 194. (Vom Hunde.)

Frontalschnitt der etwa durch das vordere Thalamusdrittel geht. Er bedarf, wie die folgenden Schnitte, da alle Bezeichnungen eingeschrieben sind, nur wenige Worte zur ergänzenden Erklärung. Aus dem Mantel treten rechts oben die Fasern lateral vom Stammganglion herab zur Capsula interna. Sie treffen da auf die mächtige Faserung aus dem Nucleus caud., durchbrechen sie und strahlen zum Teile als Stabkranz in das laterale Thalamusganglion. Die Mehrzahl aber bleibt an der erwähnten Stelle liegen und zieht rückwärts. Dieser Teil muß von der Stammganglionfaserung umfaßt werden, wenn dieselbe einwärts zu ihrer Endstätte in den Zwischenhirnganglien tritt. Zu den umfassenden Zügen gesellen sich — nahe der Basis — die Züge aus dem Putamen und bilden mit ihnen zusammen die Ansa lentiformis. Medial von dem hier bereits getroffenen Bündel der Ansa liegt die zarte Strahlung aus dem Riechfelde zum Corpus mamillare. Aus der Riechstrahlung löst sich in dieser Höhe und weiter hinten das dorsalwärts aufsteigende Bündel der Taenia thalami los. Man sieht es bis zur Thalamusoberfläche ziehen und sich dann rückwärts zum Ganglion habenulae wenden. Zum Riechapparate gehört wahrscheinlich auch das Vicq d'Azyrsche Bündel, das sich aus der Markkapsel des hier angeschnittenen, vorderen Thalamuskernes entwickelt.

die dünnen Züge der Meynertschen Kommissur. Ist die Abstammung der ersteren bei den Säugern noch unsicher — Corp. genic. med.?, so wissen wir über die der letzteren so gut wie gar nichts. Die Anatomie der niederen Vertebraten läßt an eben der gleichen Stelle viel mächtigere Kreuzungen erkennen und für diese wissen wir zumeist die

Endpunkte. Ist ein Schluß für die Säuger gestattet, so stammt die Meynertsche Kommissur aus dem Striatum (Fig. 194).

Etwas dorsal und kaudal von den Corpora mamillaria liegt die Decussatio subthalamica posterior (Forel) (Fig. 193).

In ihr liegen die Kreuzungsschenkel aus den Fornixsäulen, dann Züge, die zwischen beiden Corpora subthalamica (Luys) einherziehen, wahrscheinlich auch Kreuzungsfasern aus den dorsalen Längsbündeln, deren frontalsten Anteil bildend.

Die Innenseite des Thalamus ist durch gleichmäßig graue Substanz vom Ventrikel getrennt. Diese heißt zentrales Höhlengrau des mittleren (III.) Ventrikels. Sie besteht aus einem zellreichen und von sehr vielen feinen, markhaltigen Nervenfasern in allen Richtungen durchzogenen Gewebe.

Schütz, der diesem Grau beim Menschen eine Studie gewidmet hat, fand, daß es Zuzüge aus fast allen den dritten Ventrikel umgebenden Ganglien enthält, und, was besonders interessant, daß es gleich den Fasern der Hirnrinde bei der progressiven Paralyse degeneriert. Einen meist besonders gut abgrenzbaren Zug markhaltiger Fäserchen, der im Grau vom dritten Ventrikel ab bis hinab zu den Kernen des Hypoglossus sich verfolgen läßt und immer dicht unter dem Ventrikelepithel liegt, bezeichnet er als dorsales Längsbündel des zentralen Höhlengrau.

Das zentrale Höhlengrau an der medialen Fläche des Thalamus verklebt auf eine ca. 3/4 cm lange Strecke mit dem der gegenüberliegenden Seite zur Massa intermedia (Commissura mollis). (Fig. 35.)

Wenige markhaltige Fäserchen verlaufen beim Menschen in ihr, ob eine bei niederen Wirbeltieren an analoger Stelle vorhandene, viel faserreichere Kommissur mit der Commissura media identisch ist, bleibt noch festzustellen.

Das Grau des Trichters bildet die direkte Fortsetzung des zentralen Graues. Aber das Tuber cinereum ist doch, wie die Untersuchungen von Meynert, Kölliker, Lenhosseck, Retzius gezeigt haben, kein ganz einfacher Körper. In den seitlichen Teilen sowohl als im Mittelstück stülpt sich seine kaudale Wand etwas aus — Eminentiae laterales und Eminentia saccularis. Der letztere Name ist gewählt weil es sich hier möglicherweise um das Rudiment des bei den wasserlebenden Tieren mächtigen Saccus vasculosus handelt. In den Seitenwänden liegen, zum Teil bedeckt vom Tractus opticus, einige wenig scharf umrissene Ganglien — Ganglion sub opticum anterius, Lenhosseck und G. s. posterius Meynert.

Bei den niederen Vertebraten sind diese Ganglien viel leichter zu erkennen und in ihren Faserbeziehungen zu studieren. Namentlich ein da liegender Körper, Ganglion ektomamillare, sendet sicher seine Fasern einerseits in den Sehnerven, andererseits dorsal in die Haube.

Der Faserverlauf im Bereiche des Thalamus und der Regio subthalamica ist weniger sicher bekannt, als an den meisten anderen Stellen des Gehirnes. Auf diesem schwierigen Gebiete haben Meynert, Forel, Gudden, Flechsig, Ganser, Wernicke, Monakow, Kölliker, Bechterew, S. Ramon y Cajal, Probst, Wallenberg, Münzer und Wiener, der Verfasser u. a. gearbeitet.

Der Ursprung der Sehnerven ist wesentlich bearbeitet worden von Meynert, J. Stilling, Tartuferi, Gudden, Bellonci, dann von Monakow, dem wir die wesentlichsten Fortschritte verdanken, von Henschen u. a.

Der Thalamus ist selbst bei niederen Säugern ein mächtiger Hirnteil. Die Menge der einstrahlenden Faserung und die der von ihm ausgehenden kommt gar nicht in Betracht gegenüber der Gesamtmasse. Es muß deshalb dem Eigenapparat, den Zellen und den Verbindungen innerhalb des Thalamus eine wichtige Rolle zukommen. Unsere Beobachtungskunst hat aber bisher nicht ausgereicht, diesen wesentlichsten Anteil der Thalamusfunktion irgendwie klar zu ermitteln.

Weder die Reizversuche noch die erst neuerdings (Probst) geglückten isolierten Zerstörungsversuche des Thalamus haben bisher Symptome bei Tieren ergeben, die gerade nur vom Thalamus ausgehen müßten. Alles konnte ebensogut durch die hierher mündende oder hier vorbeiziehende Faserung bedingt werden.

Am ersten kommt man noch der Stellung des Thalamus im System näher, wenn man nicht den Eigenapparat, sondern die Faserbeziehungen berücksichtigt.

Nur von drei Anteilen dieser Faserung kennen wir die funktionelle Bedeutung, von den Fasern aus und zu dem Occipitalappen, von dem Zuge aus der Parietalrinde zu dem ventralen Kern und von den Fasern zu dem roten Haubenkern. Die ersteren verbinden offenbar die Endstätten des Optikus mit dem mächtigen Assoziationsapparate des Großhirnes. Diese Sehstrahlung ist vielfach klinisch und experimentell studiert, sie gehört zu den bestgekannten Apparaten des Gehirnes. Wir wissen, daß ihre Unterbrechung, ganz wie die des Tractus opticus selbst, zu einer Art Heminanopsie führt. Noch aber kennen wir nicht genau die Unterschiede in den Symptomen, welche eintreten, wenn der primäre oder wenn der sekundäre optische Leitungsweg gestört ist. Einiges ist allerdings ermittelt. Tiere werden jedenfalls nicht blind, wenn die zentrale Bahn zerstört wird, ihnen reichen die primären Zentren für vieles aus. Niedere Vertebraten sehen zweifellos mit den optischen Primärapparaten allein, sie können unterscheiden, erkennen, ihre Eindrücke verwerten. Ich habe das für die Fische, die ganz sicher keine Hirnrinde haben, festgestellt. Aber auch die Säuger — ausgenommen vielleicht die Affen, bedienen sich noch so weit des Primärapparates, daß der Ausfall seiner Rindenverbindung, den man ja experimentell erzeugen kann, nur vorübergehend ernste Sehstörungen macht. Man kann weder einen Hund noch ein Kaninchen durch Abtragen der Occipitallappen blind machen. Immerhin lassen sich, wenigstens für den letzteren, wie namentlich die schönen Untersuchungen von Hitzig zeigen, dann dauernde Sehstörungen, besonders seelischer Art, feststellen. Verliert aber ein Mensch den Endpunkt der zentralen Sehstrahlung, so wird er dauernd blind. Der neugeborene Mensch sieht ja auch, trotzdem ihm die Sehstrahlung noch fehlt; aber in dem Maße, wie diese sich entwickelt, wird sie für ihn immer wichtiger. Wahrscheinlich bedient er sich mehr und mehr des Sehens mit beobachtendem Bewußtsein. Dies wird dann so wichtig, daß er es allein benutzt. Wenigstens war der Patient mit totaler Zerstörung der Hinterhauptlappen, welchen ich sah, ganz blind. Ich halte es aber für möglich, daß feinere Beobachtung oder längere Einübung gelegentlich bei einem solchen Un-

glücklichen lehrt, daß die primären Zentren, wie bei den Tieren, wieder gebraucht werden. Durch die Sehstrahlung steht aber der Endapparat des Optikus nicht nur mit der Occipitalrinde in Verbindung. Sie vermittelt vielmehr dessen Beziehungen zu dem gesamten mächtigen Rindenapparate, den sie später kennen lernen werden. Die mannigfachsten seelischen Ausfallerscheinungen können deshalb durch Verlust der Sehstrahlung bedingt werden. Ich erinnere nur an das Erkennen von Gegenständen, von Farbe, von Schrift, an den Gebrauch der Werkzeuge — im weitesten Sinne, an die Beziehungen zur Außenwelt überhaupt und ihre Verwertung bei allen seelischen Prozessen.

Es ist überaus wahrscheinlich, daß dem Faserzuge, welcher aus den motorischen Rindenzentren stammend, in die Gegend des roten Haubenkernes einstrahlt, deshalb ein besonderer Einfluß auf die Bewegungssphäre zukommt, weil aus diesem Kerne der Tractus rubro-spinalis zu den motorischen Kernen des Rückenmarkes, wohl auch der Oblongata, stammt. Hier sind aber sicher die Ausfallerscheinungen nicht so beträchtlich, weil, beim Menschen wenigstens, ein eigener kräftiger Faserzug, der Tractus cortico-spinalis, zu den gleichen Zentren herabzieht.

Schließlich wissen wir sicher, daß Zerstörung der im ventralen Thalamuskern endenden Faserung, wohl zumeist der Haubenfaserung, oft gekreuzte Anästhesie erzeugt. Das wird dadurch erklärt, daß ebenda, wo sie endet, auch die sekundäre Gefühlsbahn ihr Ende findet. Hughlings Jackson hat einen Fall von ganz isolierter Erweichung eines Thalamus beim Menschen ohne Beeinträchtigung der benachbarten Faserung gesehen. Die Symptome bestanden im wesentlichen in Beeinträchtigung des Tastgefühles, des Gehörs und des Sehens auf der gekreuzten Seite. Die Sehstörung trug natürlich hemianopischen Charakter.

Diese drei Beispiele lassen vermuten, daß im Thalamus ein mächtiger Apparat gegeben ist, welcher Eindrücke aus der Peripherie durch irgendwelche Umschaltung, vielleicht mit mannigfachen Assoziationen usw., dem Großhirn übermittelt und welcher Prozesse, die im Großhirn vorgehen, den tieferen Zentren zu übermitteln vermag.

Da einerseits mindestens für den motorischen Apparat auch direkte Großhirnbahnen existieren und da andererseits, worauf gar nicht intensiv genug hingewiesen werden kann, der Eigenapparat der niederen Zentren sehr komplizierte Verrichtungen selbständig auszuführen vermag, so wird es Ihnen klar sein, warum die Ausfallerscheinungen bei Thalamusherden — für unsere heutige Beobachtungskunst wenigstens — recht geringe sind.

Es ist wahrscheinlich, daß in dem zentralen Höhlengrau, nicht nur in demjenigen des Thalamus, ein Apparat für die Vasomotoren liegt. Dafür sprechen die Ergebnisse der Versuches und, wie es scheint, manche Beobachtungen am Menschen. Immerhin gibt es, namentlich für den letzteren, noch keine genügend reinen Fälle.

Stiche in den Thalamus — Kaninchen — bringen die Körpertemperatur zum Steigen.

Die Sehhügel liegen so nahe überall der inneren Kapsel auf, daß nur selten Erkrankungen zur Beobachtung kommen, welche nur sie betreffen, und auch bei solchen bleibt es oft zweifelhaft, wieviel von den auftretenden Erscheinungen darauf zu beziehen ist, daß indirekt die benachbarten Fasern der Kapsel in ihren Funktionen gestört wurden. Deshalb ist es noch nicht möglich gewesen, die Symptome sicher festzustellen, welche von einer Erkrankung der großen Sehhügelganglien erzeugt werden. Nach Meynert werden dabei die Innervationsgefühle der oberen Extremitäten gestört. Dadurch sollen Wahnideen über die Haltung dieser Glieder und aus diesen wieder Zwangsstellungen entstehen. Gelegentlich entstehen nach Thalamus-

herden eigentümlich athetotische Bewegungen und auch Spasmen, besonders in der gekreuzten Hand, zuweilen auch in der ganzen gekreuzten Körperhälfte. Auch gekreuzte Chorea, Hemichorea posthemiplegica, wird danach beobachtet. Andere Male kommt es zu ataktischen Bewegungen, die an diejenigen der multiplen Sklerose erinnern. Alle diese Symptome haben aber nichts absolut Charakteristisches, weil sie auch nach Läsionen anderer Hirnteile — vielleicht von absteigenden Thalamusbahnen? — beobachtet sind und vor allem, weil mehrfach einseitige und doppelseitige Thalamusherde beobachtet wurden, die gar kein auffallendes Symptom boten. Auf Thalamuserkrankungen wird auch, mit einem durch Sektionen noch nicht gesicherten Rechte, eine merkwürdige, nach Apoplexieen und Tumoren manchmal zu beobachtende Störung der Mimik bezogen. Die Gesichtszüge können von diesen Patienten willkürlich bewegt werden, aber sobald es sich um die unbewußte Mimik handelt, besonders um die, welche die Sprache begleitet, dann bleiben sie vollkommen ruhig. Es herscht eine auffallende Starre.

Daß nach Affektionen der primären, optischen Endstätten, des Pulvinar und des Geniculatum laterale Hemianopsie, totale oder partielle, eintreten und so auf eine Thalamuserkrankung hinweisen kann, das ergibt sich aus den anatomischen Anordnungen leicht. Die meisten Autoren geben an, daß beim Menschen dann immer das zentrale Sehen erhalten bleibt, wenn das Geniculatum laterale intakt bleibt, daß dieses zentrale Sehen nicht von der Rinde aus gestört werden kann. Mein Fall, s. o., spricht dagegen.

Wahrscheinlich ist durch Thalamuserkrankung auch Hemianästhesie — gekreuzte natürlich, möglich, weil ja hier im ventro-kaudalen Abschnitt die sekundäre Gefühlsbahn die kortikale erreicht. Heftige Schmerzen nach Läsionen der hier einstrahlenden Rindenfasern sind wiederholt berichtet. In einem Fall meiner Beobachtung war die nach einer Apoplexie in den kaudalen Thalamus und seine Einstrahlung eintretende, von Hypästhesie begleitete Schmerzempfindung in der ganzen gekreuzten Körperhälfte so furchtbar und so wenig zu lindern, daß die Patientin Selbstmord beging, um sich ihm zu entziehen. Nach solchen Herden kommt es außer zu Schmerzen — zentraler Schmerz! — die in die Peripherie lokalisiert werden, bald zu verminderter bald zu gesteigerter Sensibilität.

Achtzehnte Vorlesung.

Die äussere Form des Vorderhirnes.

M. H.! In der heutigen Vorlesung möchte ich Ihnen zeigen, wie aus unscheinbaren Anfängen sich das große Organ entwickelt, das als Träger der höchsten psychischen Tätigkeit sich über die niederen Hirnzentren schaltet.

Die mächtigen Gehirnhemisphären, welche beim Menschen fast den ganzen Hohlraum des großen Schädels erfüllen, sind das Endprodukt einer langen Entwicklungsreihe.

Während alle die Teile des Zentralapparates, welche wir bisher studiert haben, nicht nur im wesentlichen bei sämtlichen Säugern gleich gebaut und in ihrer Entwicklung wesentlich durch die Körpermaße ihrer Träger bestimmt sind, verhält es sich mit den Hemisphären durchaus anders. Schon die oberflächlichste Beobachtung lehrt, daß die

Hemisphären sich im gleichen Maße vergrößern wie die geistige Gesamtleistungsfähigkeit eines Tieres zunimmt. Man hat den Eindruck, wenn man die Gesamttierreihe überblickt, als schalte sich über den Grundapparat des Zentralnervensystemes, denselben, welcher (Fische, entrindete Tiere) im wesentlichen ausreicht zum Rezipieren der Außenwelt und zu den notwendigsten Bewegungen, welche die Existenz ermöglichen, ein neues Organ, und man kann, wenn man die Stammesentwicklung überblickt, leicht erkennen, wie dieses neue Organ sich aus ganz kleinen Anfängen — Cyklostomen, Selachier — nur sehr allmählich zu dem mächtigen Gebilde entwickelt, welches die Stellung des Menschen unter seinen Mitgeschöpfen bedingt. Innerhalb dieses Entwicklungsganges kommen die allergrößten Unterschiede zustande. Nicht nur die Gesamtmasse nimmt zu, sondern auch einzelne Abschnitte der Hemisphären können sich speziell entwickeln oder auch in ihrer Entwicklung stehen bleiben oder gar sich zurückbilden.

Man versteht die Bedeutung des Großhirnes nicht, wenn man es nur am Menschen studiert und mehr als in den vorhergehenden Vorlesungen werden wir in den nächsten uns auch um die Verhältnisse des Säugergehirnes zu kümmern haben.

Sie erinnern sich aus der fünften Vorlesung wie die Hemisphären beiderseits aus der Schlußplatte, die das frühe Zentralorgan frontal abschließt, als zwei Blasen dorsal ausgewachsen sind. Schon sehr früh hat sich an ihrer Basis die Verdickung des Stammganglions angelegt und man unterscheidet nun:

1. Basomediales Grau, die Partien, welche direkt aus dem Grau der Schlußplatte hervorgehen und sich sowohl an der Medialseite des Gehirnes als an seiner Basis beiderseits von der Medianebene finden.
2. Stammganglion, dem Basalgrau dicht aufsitzend.
3. Pallium, die Gesamtwand der Hemisphärenblase.

Das basomediale Grau wird zu einem bei den meisten Tieren mächtigen Körper, dicht vor der Schlußplatte, dem Corpus paraterminale, bei den Menschen zu einem kleineren, dem Septum pellucidum. Außerdem gibt es am Hemisphärenboden Teile zu der Substantia perforata anterior und der frontalen Infundibularwand.

Das Stammganglion zeigt überall ganz die gleichen Verhältnisse. Es ist eine mächtige graue Masse, welche durch die aus dem Pallium stammenden Fasern in eine laterale und eine mediale Abteilung, Nucleus caudatus und Nucleus lentiformis, geschieden wird. Die trennende Faserung ist die Capsula interna.

Das Pallium ist es, welchem die wechselnde Entwicklung zukommt. Auf der verschiedenen Entwicklung des Hirnmantels beruht die Verschiedenheit im Aussehen der Hemisphären bei verschiedenen Säugern, beruht die verschiedene Leistungsfähigkeit in psychischer Beziehung.

Seine ersten Anfänge liegen bereits bei den Cyklostomen und bei den Selachiern, aber erst innerhalb der Reptilienreihe erfährt es eine

besondere Ausbildung, erst von hier ab lassen sich mit Sicherheit einzelne Teile seiner Rinde usw. gut abscheiden. Die Stammesentwicklung des Pallium lehrt nun, daß es in zwei Teile zerfällt, die zwar nicht scharf und absolut getrennt, aber doch genügend voneinander geschieden sind, um gesondert betrachtet werden zu können.

Der basale Abschnitt, welcher die Riechnerven vorn aufnimmt, ist stammesgeschichtlich der älteste. Diese Lobi olfactorii kommen schon bei den Fischen vor. Man kann diesem Teil den Namen Pallium basale geben. Dorsal von dem Pallium basale entwickelt sich, in den Anfängen schon bei den Selachiern vorhanden und jedenfalls bereits gut ausgebildet bei den Amphibien, die eigentliche Hemisphärenblase.

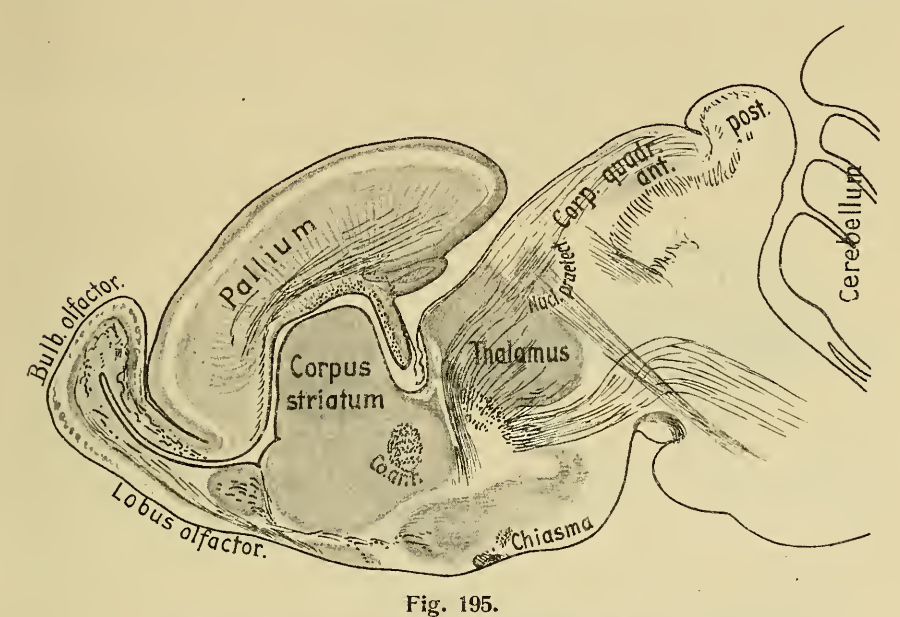


Fig. 195.
Sagittalschnitt durch das Gehirn der Fledermaus. Vesperugo noctula.

Man erkennt hier, aber noch deutlicher bei den Reptilien, daß dieser neugewonnene Hirnteil zunächst nur zu dem Geruchsapparat in Faserbeziehungen tritt und daß sich an ihm vornehmlich die Partien um den medialen Rand der Hemisphären gut ausbilden, daß hier sich eine erste Furche zeigt und daß hier die Rindenentwicklung schon früh eine besondere Höhe erreicht. Dieser Randabschnitt der Hemisphäre wird allmählich zu dem, was man bei den Säugern Ammonsformation nennt und er erhält sich überall in gleicher Lage und in hoher Ausbildung ohne große Variationen. So verdient er einen eigenen Namen: Pallium marginale. Sie werden auch später erfahren, wie nicht nur stammesgeschichtlich sondern direkt histologisch nachweisbar ist, daß Pallium basale und marginale zusammen dem Riechapparat angehören und wollen heute nur das interessante Faktum bemerken, daß die ältesten

Rindenverbindungen, die es gibt, diejenigen des Riechapparates sind.

Pallium basale, (Lobus olfactorius) und Pallium marginale (Formatio hippocampi) zusammen, hat Elliot Smith Archipallium genannt.

Das Hemisphärengebiet, welches, ebenfalls schon bei den Amphibien nachweisbar, aber hier und bei den Reptilien sehr klein, an der Lateralseite des Gehirnes zwischen Pallium basale und marginale eingeschaltet ist, bildet den Ausgangspunkt für die mächtige Gesamtentwicklung des Großhirnes. Diese kleinen Rindenteile der Reptilien werden dereinst bei den Säugern, beim Menschen das wesentliche von dem ausmachen, was man gewöhnlich die Hemisphären nennt. Scheiden wir sie mit dem Namen Neopallium von dem ältesten Erwerbe ab. Durch eine Längsfurche an der Lateralseite des Lobus olfactorius, die Fissura limbica, ist das Neopallium, zum Teil wenigstens, von dem Archipallium geschieden.

Das Neopallium ist der mächtige rindentragende Mantelabschnitt, der in der Reihe der Säuger, allmählich zunehmend, diesen die geistige Präponderanz über alle niederen Vertebraten verleiht.

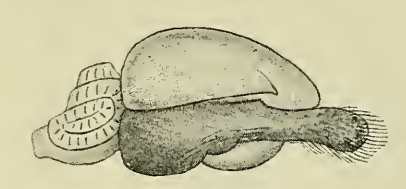


Fig. 196.
Das Gehirn des Gürteltieres, Dasypus villosus, von der Seite gesehen. Das Archipallium schattiert. Hell gehalten das durch die Fissura limbica getrennte Neopallium.

Man erkennt das Auswachsen des Hirnmantels, die Zunahme des Rindenareales gut, wenn man in die Kontur eines niederen Säugergehirnes einmal die Kontur eines Reptiliengehirnes einzeichnet. Hier an der Medialseite des Gehirnes sind bei dem Reptil nur die Teile des Archipallimus sichtbar.

Der hier angestellte Versuch hat seine Bedeutung nicht allein nach der rein morphologischen Seite. Er soll auch zeigen, nach welchen Richtungen hin das Gehirn sich weiter entwickelt, wenn man von den Reptilien einmal ausgeht. Von dem Reptiliengehirne zu demjenigen der Monotremen ist ein viel geringerer Schritt, als von da hinauf zu demjenigen des Menschen.

An dem Gehirn des Gürteltieres, das Fig. 196 demonstriert, sind Archipallium und Neopallium noch ungefähr gleich mächtig. Bei allen höheren Säugern aber entwickelt sich das Neopallium so stark, daß es, von allen Seiten das Archipallium umgebend, die Hauptmasse des Gesamthirnes bildet. Das Menschenhirn besteht, soweit es unseziert sichtbar ist, ausschließlich aus dem ersteren, nur der kleine Riechlappen an der Basis, die in der Tiefe liegende Ammonswindung und vielleicht Teile der Randwindung gehören dem Archipallium an.

Findet man am Archipallium eine große Konstanz aller Teile, so ist das ganz anders am Neopallium. Dieser bei allen Säugern größte

Teil der Hemisphärenblase ist der variabelste Abschnitt des ganzen Nervensystemes.

Das Neopallium, der Hirnteil, welcher im wesentlichen das große Assoziationsorgan für alle die geistigen Prozesse ist, welche wir bisher am besten am Menschen und den höheren Säugern studiert haben,

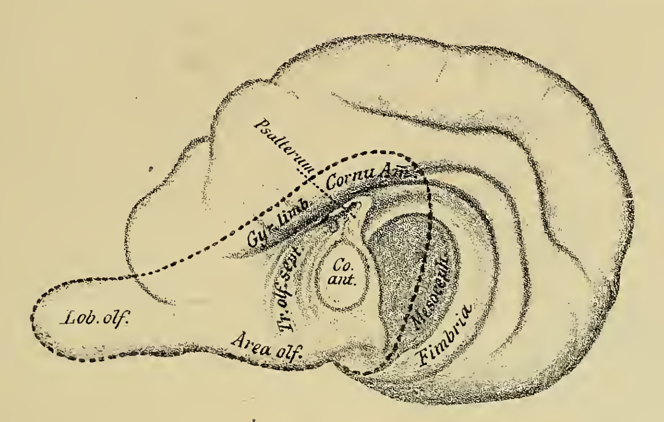


Fig. 197.
Die Kontur eines Reptiliengehirnes in die eines niederen Säugergehirnes (Thylacinus) eingetragen. Die Kommissuren decken sich. Medialansicht.

entwickelt sich wohl nur sehr langsam. Bei den Säugern des Eocen, z. B. Dinoceras, ist es nach Elliot Smith noch so klein, daß das Gesamthirn Reptilientypus hat und noch bei vielen lebenden niederen Säugern bildet es kaum mehr als die Hälfte der ganzen Hirnmasse. Vergl. Fig. 196.

Das Neopallium variiert in seiner Entwicklung so sehr, daß noch bei so nahen Verwandten wie Mensch und Anthropoide mächtige Unterschiede bestehen. Ein Gorillagehirn wiegt z. B. kaum ein Drittel von dem Gewichte eines Menschenhirnes. Das Charakteristikum des Menschenhirnes ist eben die enorme Entwicklung des Neopalliums, die weithin über diejenige hinausgeht, welche schon die höchsten Affen erreicht haben.



Fig. 198.
Gehirn eines menschlichen Embryo aus der 13. Woche.

An der Palliumblase unterscheidet man die immer gewölbte und ausgedehnte Lateralwand von der sagittal gerichteten Medialwand.

Die Lateralwand zeigt fast immer an einer Stelle, dicht an der Fissura limbica, also in ihrem ventralen Gebiete, eine mehr oder weniger tiefe Grube, die Fossa Sylvii. Diese entsteht dadurch, daß das Säugergehirn die Tendenz hat, nach allen Richtungen hin um den festen Punkt auszuwachsen, welcher in seinem Inneren durch das mächtige Stammganglion gegeben ist.

Die Fossa Sylvii ist bei den niedersten Säugern nur eben angedeutet, beim Menschen aber, auch bei allen Affen, ist sie, weil eben die

Hemisphären enorm ausgewachsen sind, eine tiefe Grube, zumeist mehr oder weniger bedeckt von benachbarten Palliumteilen „Opercula". Dadurch entsteht dann an der Seitenwand des Gehirnes ein langer Spalt. Der ventral von diesem Spalt liegende Hirnteil wächst frontal, die Grube umsäumend, es ist der Schläfenlappen. Er ist wohl in seinen Elementen, nicht aber in seiner morphologischen Erscheinungsform bei den niederen Säugern auch da, aber dort liegt er nicht ventral, sondern kaudal von der Sylvischen Grube. Das wird leicht klar, wenn man die Hirnpartien kaudal von der Sylvischen Grube in den beiden Abbildungen Fig. 196 u. Fig. 198 vergleicht, ebenso bei Vergleich der Fig. 201 mit Fig. 200.

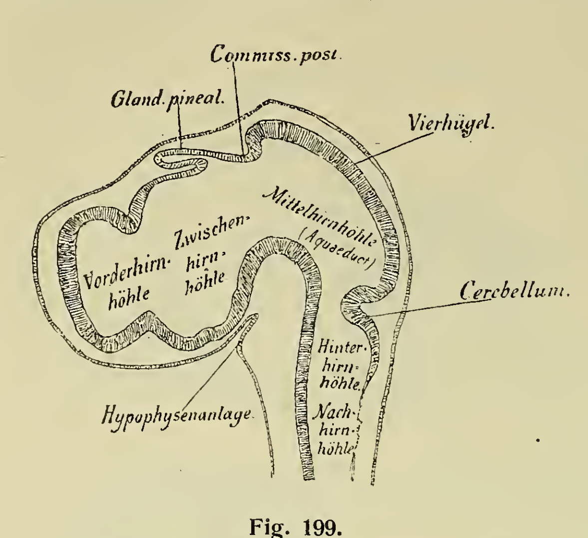


Fig. 199.
Dasselbe aus dem 4. Schwangerschaftsmonate.

Entwickelte sich, das sieht man gerade an dem Igelgehirn gut, ein Temporallappen von nur einiger Ausdehnung, so müßte der Riechlappen ganz medial rücken und bei weiterer Entwicklung, besonders auch wenn die Hemisphäre sonst auswächst, muß er so verschwinden, daß eine

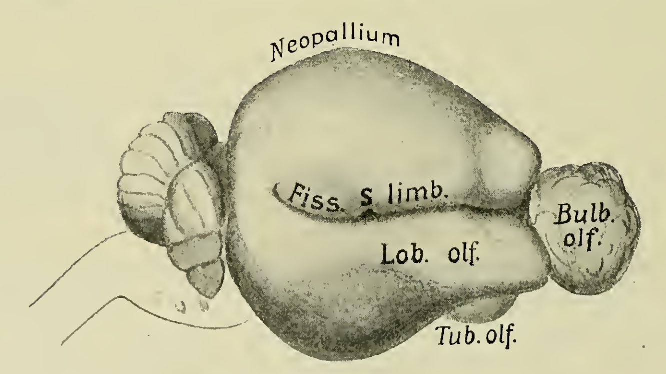


Fig. 200.
Gehirn des Igels. Erinaceus europaeus. 3 mal vergrößert. Bei *S* Andeutung eines Fossa Sylvii.

Seitenansicht des Gehirnes nur Neopallium zeigt. Diesen Typ bietet z. B. das Menschenhirn.

Durch dieses Auswachsen der Hemisphären nach rückwärts und abwärts von ihrer Ausgangsstelle kommt es auch an der Medial-

seite zu besonderen Komplikationen. Zunächst bedeckt sich die Stelle beiderseits von der Schlußplatte nie mit typischer Rinde wie die ganze übrige Oberfläche des Mantels. Sie bildet eine eigenartige graue Masse, das Septum pellucidum beim Menschen genannt, bei Tieren, wo es sich keineswegs um ein pelluzides Septum sondern um einen mächtigen grauen Körper handelt, Corpus paraterminale geheißen. Der Name ist gewählt weil es dicht an der Schlußplatte liegt.

Dann erkennt man schon an Fig. 202, daß kaudal von der Schlußplatte die Innenwand der Hemisphäre scheinbar fehlt, daß sich hier das Vorderhirn direkt auf den Thalamus auflegt. Doch handelt es sich hier nur um ein Scheinen. Die Hemisphäreninnenwand verdünnt sich nämlich hier ganz plötzlich zu einer feinen Membran der Tela choroidea. Die schließt den Ventrikel von dem Schädelraum ab und legt sich schließlich, wie oben Fig. 177 gezeigt wurde, wieder an die Thalamusoberfläche an.

Die Stelle, wo die Hemisphärenwand sich so verdünnt, ist immer durch eine besondere Formation, die Ammonsformation, gekennzeichnet, von der wir schon wissen, daß sie, altererbt, dem Archipallium angehört.

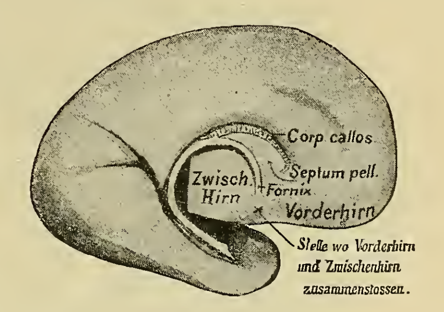


Fig. 201.
Medialansicht einer frühen menschlichen Hemisphäre, das Septum pellucidum und der durch den weißen Streif des Fornix gezeichnete Hemisphärenrand.

Das Archipallium umsäumt den Hemisphärenrand überall. Eine tiefe Furche, die Ammonsfurche verläuft in ihm, jenem Rande parallel. Diese Furche ist auf Fig. 201 ganz gut zu sehen, es ist der schwarze Strich, der von der Spitze des Schläfenlappens bis zu der Stelle verläuft, die mit Corpus callosum bezeichnet ist. Durch die Ammonsfurche wird die Palliumrinde in das Innere des Ventrikels hineingestülpt. Eröffnet man diesen, so kann man den durch die Einstülpung entstandenen Wulst im Ventrikel allemal guter kennen. Er heißt Pes hippocampi major. Die Rindenpartie, welche hier eingestülpt wird, heißt Gyrus hippocampi. Übrigens ist die Rinde dieses Gyrus hippocampi nicht diejenige, welche direkt an den verdünnten Hemisphärenrand stößt. Es legt sich vielmehr um ihr freies Ende noch eine kleine, bei niederen Säugern recht mächtige Windung herum, der Gyrus dentatus. Auf einem Schnitt wird das leichter klar. Deshalb demonstriere hier in Fig. 202 einen solchen.

Unter der Rinde des Palliums liegt, wie wir später noch näher zu besprechen haben, die aus ihr stammende oder zu ihr tretende Faserung. Am Hemisphärenrand, wo die Rinde aufhört, wird natürlich diese Faserung sichtbar. Sie heißt hier Fimbria und in ihren frontalen Abschnitten Fornix.

Verfolgen Sie auf der Fig. 202 die Hemisphärenwand, so treffen Sie erst auf den Gyrus hippocampi, dann auf die ihn einstülpende Fissura hippocampi, danach auf den Gyrus dentatus und schließlich auf die Faserung der Fimbria, der sich dann die Tela chorioidea anschließt.

Auch von der Hirnbasis aus kann man bei allen niederen Säugern einen Teil dieser Dinge direkt erkennen. Namentlich liegt oft medial von der Ammonsfurche an der Basis der Gyrus dentatus sichtbar frei.

Ein gut ausgebildetes Ammonshorn ist immer nur kaudal von den mächtigen Kommissurenfasern des Neopalliums sichtbar. Beim Menschen und den meisten Säugern reichen diese Kommissuren — Balken —

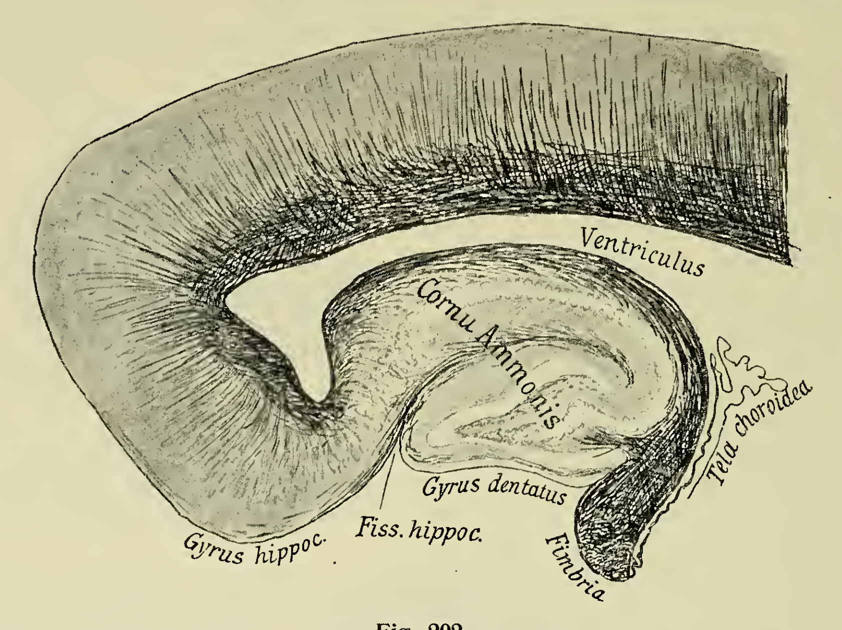


Fig. 202.
Sagittalschnitt durch den Kaudalabschnitt des Katzengehirnes. Zur Demonstration der Gebilde am Hemisphärenrand.

weithin kaudal in der Hemisphäre. Ein Ammonshorn ist deshalb nur im Bereich des hintern kaudalen Hemisphärenabschnittes, bei den Primaten nur im Schläfenlappen nachweisbar. Wenn kein Balken da ist (Fig. 204) reicht die Ammonsformation ganz frontal bis an das Corpus paraterminale, wenn er kürzer ist liegt sie noch — bei dem Hunde z. B. — dorsal von dem Thalamus, ist er ganz lang, so trifft man auf Frontalschnitten nur ventral vom Gehirn Ammonswindung, beim Menschen.

Ich weiß aus Erfahrung welche Schwierigkeit das Verstehen eines Säugergehirnes für denjenigen hat, welcher nur das Menschengehirn kennt und habe deshalb diese Dinge genauer geschildert.

Eine dritte Besonderheit der Hemisphäreninnenwand wird durch die Kommissuren bedingt.

Die nahe der Hirnbasis, dicht vor der Schlußplatte, verlaufende Commissura anterior ist die ventralste. Sie ist ungemein konstant in Lage und Faserbeziehungen von den Reptilien bis zu den höchsten Säugern und verbindet im wesentlichen alle Rindengebiete des Archipalliums untereinander.

Eine zweite Kommissur des Archipalliums verbindet die Rindenteile der Ammonsformation. Es handelt sich um mächtige Fasermassen, die in den Fimbrien vorwärts ziehen um innerhalb der Schlussplatte, dorsal von der Commissura anterior, zu kreuzen. Diese Kreuzung heißt Psalert um.

Bei den niederen Säugern, wo das Archipallium fast noch die ganze Hemisphärenmasse ausmacht, ist das Psalterium die dickste, auffallendste Kommissur der Hemisphäreninnenwand. So z. B. bei dem Fig. 203 abgebildeten Beuteltier. Hier sehen Sie, daß die Fissura limbica — in der Figur mit dem Namen Fiss. rhinalis bezeichnet — dorsal nur ein ganz minimales Neopallium von dem mächtigen ventralen Archipallium abscheidet. Wenn sich aber bei den höheren Säugern allmählich das Neopallium entwickelt, dann bekommt es — wohl zuerst andeutungsweise bei einigen Fledermäusen — eine eigene Kommissur, das Corpus callosum. Ihre Fasern kreuzen dicht über dem Psalterium und drängen so die Ammonsformation kaudal. Was von ihr, besonders von dem Gyrus dentatus, erhalten bleibt, liegt dann als dünner Streif, Stria longitudinalis Lancisii, dem Balken auf.

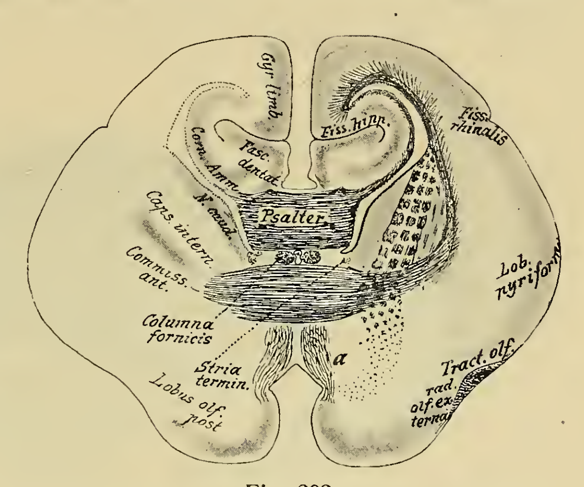


Fig. 203.
Frontalschnitt durch die Hemisphären von Perameles, nahe der Schlußplatte. Nach Elliot Smith.

Sie sehen an Fig. 204, daß sich bei dem Schnabeltier, Ornithorhynchus, die Ammonsformation von der Spitze des Schläfenlappens frontalwärts über die Ventrikel hinweg erstreckt und vorn, dicht vor der Commissura anterior, in dem Grau, welches diese umgibt, endet. Mächtige Kreuzungen, das Psalterium, verbinden beide Ammonswindungen. Sie liegen direkt dorsal von der vorderen Kommissur.

An dem Fig. 205 abgebildeten Hundegehirn sehen Sie gut wie die Fascia dentata, die bei dem Beutler noch bis frontal an die Kommissurengegend reichte, samt dem Psalterium durch das Corpus callosum, den Balken, rückwärts gedrängt ist, und wie nur ein atro-

phisches Stück des medialsten Windungszuges auf dem Balken übrig geblieben ist.

Der Hirnmantel ist fast überall von der Rinde überzogen und aus der mächtigen Rindenausbreitung des Säugetiermantels kommt eine sehr große Menge von Fasern, andere münden darin aus. Ihre Gesamtheit, der Stabkranz also, zieht aus der Rinde kaudalwärts, um im Zwischenhirne, Hinterhirne und Nachhirne und im Rückenmarke zu endigen. Andere mächtige Bündel durchziehen die Hemisphären, einzelne Gebiete ihres Mantels miteinander verknüpfend. Diese Fasermasse, das Hirnweiß, ist bei kleinem Pallium nur dünn, nur ein feiner Belag zwischen Rinde und Ventrikelraum, s. z. B. die Abbildung Fig. 195; bei

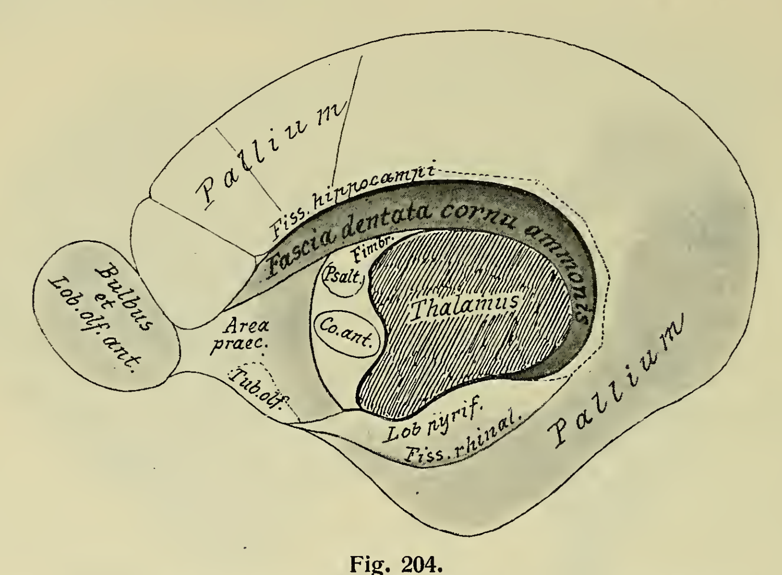


Fig. 204.
Medialansicht des Gehirnes von Ornithorhynchus, die Ammonsformation geschwärzt. Nach Eliot Smith.

mächtiger Rindenentwicklung bildet sie die große weiße Masse, welche als Grundsubstanz jeder Hemisphäre beim Menschen Ihnen seit der 4. Vorlesung bekannt ist.

Die Oberfläche des Neopalliums ist fast immer durch Windungen vergrößert. Zwischen diesen „Gyri" liegen die Furchen, „Sulci". Es handelt sich hier um Faltungen der Palliumwand, also echte Oberflächenvergrößerungen. Solche Hirnwindungen fehlen nur bei wenigen Säugetieren (lissenzephale Säuger), bei allen anderen sind sie mehr oder weniger reichlich vorhanden (gyrenzephale Säuger). Die Anordnungen der Falten, welche für die einzelnen Tiere in gewissen Grenzen konstant ist, hängt wohl von zwei Faktoren ab: von der Ausdehnung der Hirnrinde, welche sich die betreffenden Arten im Laufe der Stammentwicklung erworben haben, und von den Maßverhältnissen des Schädelraumes, die natürlich mit jener nicht gleichen Schritt halten, müssen

da sie auch noch von anderen Faktoren abhängig sind. Man kann deshalb auch keine aufsteigende Entwicklung der Hirnfurchung innerhalb der Tierreihe oder auch nur innerhalb einer einzelnen Familie erkennen.

Bei den niederstehenden Monotremen hat Ornithorynchus ein ganz glattes, Echidna ein ziemlich reich gefurchtes Gehirn. Ja, es gibt noch unter den Primaten einen Affen-Hapale-, dessen Gehirn fast völlig windungslos ist. Die relativ kleine Schädelhöhle in dem riesigen Kopfe des Elephanten, auch diejenige der Wale, welche ähnliche relative Verhältnisse hat, birgt ein sehr windungsreiches Gehirn.

Nicht nur auf den Windungsreichtum, sondern auch auf den Verlauf der Windungen haben die beiden erwähnten Verhältnisse einen Einfluß.

Im ganzen nimmt der Hirnmantel in der Tat so zu, daß man wohl bei den intelligenteren Tieren einen größeren Mantel findet, als bei den

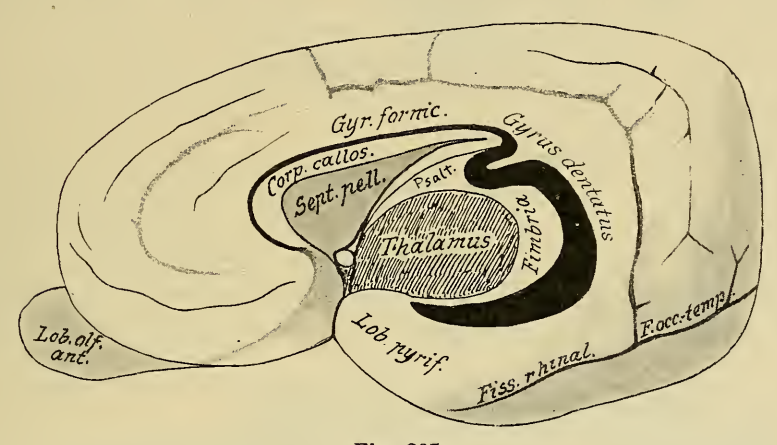


Fig. 205.
Medialansicht des Hundegehirnes.

geistig besonders einseitigen und tief stehenden, und es wird Sache fortgesetzter Untersuchungen sein, nachzuweisen, wie die Einzelbestandteile wachsen. In dieser Fragestellung liegt auch das Interesse begründet, das die Untersuchungen über die vergleichende Anatomie der Hirnwindungen wirklich haben, viel mehr als im rein Morphologischen.

Ich beabsichtige deshalb auch nicht Ihnen eine einigermaßen vollständige Übersicht über den Verlauf der Hirnwindungen bei den verschiedenen Tieren zu geben. Zwar besitzen wir hierüber schon zahlreiche und zum Teil sehr eingehende, auch reichlich illustrierte Arbeiten aber es ist noch nicht ersichtlich, welchen Nutzen uns heute die Kenntnis der zahlreichen zutage geförderten Einzelheiten bringt. So erscheint es zweckmäßiger, zunächst nur einmal den wichtigsten und untereinander vergleichbaren Furchen, denjenigen, welche am häufigsten vorhanden sind, eine Betrachtung zu widmen. Dieselbe schließt sich direkt an die Darstellung an, welche der um die Erforschung des Säuger-

gehirnes höchstverdiente englische Gelehrte Elliot Smith veröffentlicht hat, nachdem er die in der Welt einzig dastehende Gehirnsammlung des Hunterschen Museums in London neu wissenschaftlich aufgenommen hatte. Dort standen ihm Gehirne von Vertretern fast aller Säugerfamilien zur Verfügung, auch Ausgüsse von Schädeln extinkter Säuger.

Es gibt eigentlich nur eine einzige Furche, die bei allen Säugern vorhanden ist, das ist die Fissura hippocampi. Sie zieht, allerdings im frontalen Ende meist verkümmert, um den ganzen medialen Hemisphärenrand und bildet die Rindeneinstülpung, welche die Ammonsrinde verdoppelt. An der Hirnbasis muß man sie am Medialrande des Lobus pyriformis s. u. suchen, von da kann man sie weiter verfolgen.

Nicht immer, aber doch bei den meisten Säugern, wird der basal liegende Riechlappen von dem Neopallium durch die Fissura limbica — rhinalis heißt sie auch — geschieden (Fig. 200, 209). Diese Furche ist manchmal nur beim Embryo gut ausgebildet und verschwindet beim Erwachsenen — Mensch, Nager, Ungulaten usw. Dadurch kommt es, daß die Pars ammonica des Archipalliums vielfach lateral direkt in das Neopallium übergeht.

Diese beiden Furchen gehören also dem Archipallium an. Ihnen gegenüber stehen die weniger konstanten Furchen des Neopalliums. Unter ihnen gibt es eine kleine Zahl, die bei den meisten Säugern leicht wieder erkannt werden kann und eine große Zahl solcher Furchen, die nur einzelnen Arten zukommen, ja solche, die inkonstant zwischen beiden Hemisphären des gleichen Tieres sind. Das nimmt nicht wunder, da wir wissen, daß die Furchenbildung, wie oben gezeigt wurde, von verschiedenen Momenten, vor allem auch vom Schädelbau, wesentlich beeinflußt wird.

Fast immer vorhanden ist an der Medialseite des Gehirnes der Sulcus calcarinus, ein ziemlich parallel zum Hemisphärenrand ziehendes Furchenstück im Occipitallappen. Es gibt dann längs dem Hemisphärenrand fortziehende Furchen, die weniger konstant sind und, gelegentlich zusammenfließend, den ganzen Rand mit einem Furchenzug umfassen. Diese Stücke heißen Sulcus intercalaris und genualis. Wo der komplete Zug vorhanden ist, nennt man ihn nach dem Vorgange der menschlichen Anatomie Sulcus calloso-marginalis, weil er den Balken randförmig umzieht. Das ganze Rindengebiet, welches zwischen der Fissura hippocampi und dem erwähnten Furchenzug bleibt, bildet eine Art Ring um den Hemisphärenrand. Broca hat es zuerst als Gyrus limbicus zusammengefaßt (Fig. 207).

Bei den Primaten und einigen niederen Säugern bleibt der Sulcus calcarinus mit dem Intercalatus unverschmolzen (s. Fig. 206). Es gibt dann einige wenige und inkonstantere Furchen, die auf jene Randfurche zufließen ohne sich gerade immer mit ihr zu vereinigen. Ganz frontal, den Sulcus rostralis, weiter kaudal den Sulcus parieto-occipi-

talis und gelegentlich den dem Sulcus calcarinus parallelen Sulcus collateralis.

An der Lateralseite kommt es zunächst da, wo die Sylvische

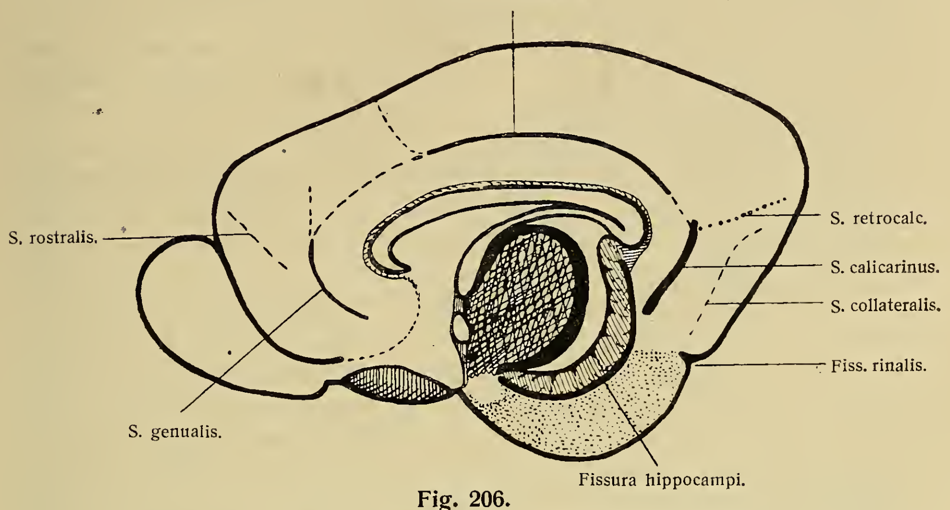


Fig. 206.
Die konstanteren Furchen an der medialen Seite des Gehirnes. Nach Elliot Smith.

Grube vom Mantelgebiet umwuchert und ihre Tiefe abgeschlossen wird, zu einem langen Spalt, der in sie hineinführt. Dieser, bisher Fissura Sylvii genannt, ist keine echte Furche nach seiner Entstehungsart. Es

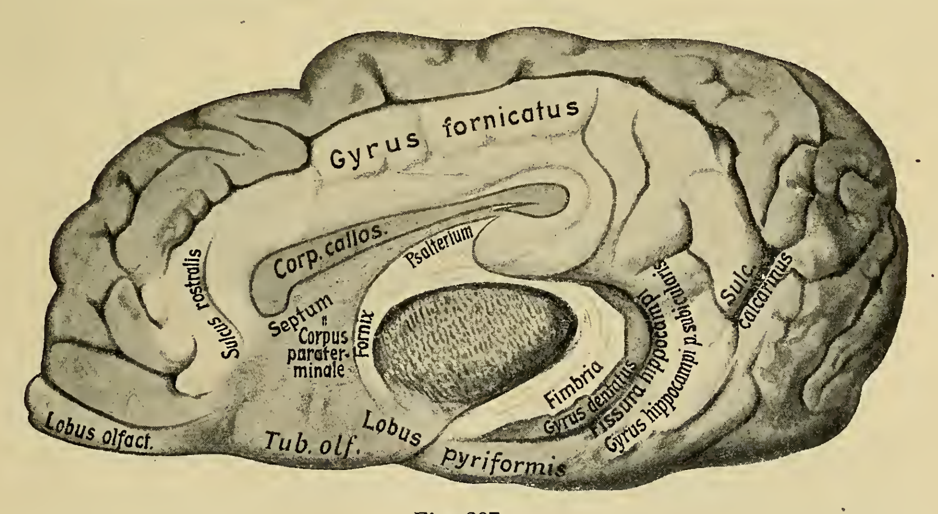


Fig. 207.
Mediale Ansicht des Kalbsgehirnes. Der Gyrus limbicus hell gehalten.

ist deshalb besser, ihn Sulcus pseudosylvius zu nennen, und damit anzudeuten, daß der sulkusartige Spalt auf die Fovea Sylvii zurückgeht. Bei den Primaten und bei den Raubtieren kann man die falsche Sylvische

Spalte gut studieren. Meynert hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß ein guter Teil der lateralen Furchen sich ziemlich parallel um die Sylvische Spalte herum legen. Dadurch entsteht häufig wie Fig. 208 gut zeigt, ein besonderer Windungstyp, eine Reihe aufeinander folgender paralleler Gyri, die man von der Sylvischen Spalte ausgehend nun als erste, zweite usw. Bogenwindung nummeriert.



Fig. 208.
Gehirn von Monodon monoceros. Nach Turner.

Namentlich die Delphine, die Raubtiere und auch die Wale lassen diesen Vierwindungstyp, so nannte Meynert die Anordnung, ganz gut erkennen (vergl. Fig. 210, 211). Sie finden besonders auch in physiologischen Werken, wenn es gilt Läsionen am Hunde- oder Katzengehirn zu lokalisieren, deshalb oft die Bezeichnungen: erste, zweite usw. Urwindung. Aber bei den meisten anderen Tierfamilien sind diese Furchen nicht immer vorhanden. Am häufigsten ist noch die der Sylvischen Spalte nächste, der Sulcus suprasylvius und die nächste, welche

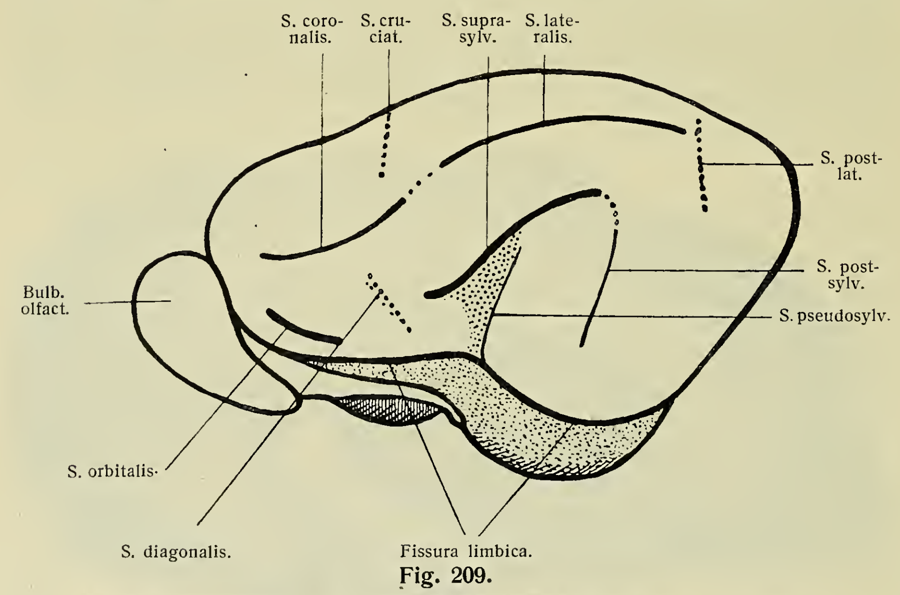


Fig. 209.
Die konstanteren Furchen an der Lateralseite des Säugergehirnes. Nach Elliot Smith.

Elliot Smith Sulcus lateralis nennt. Der Sulcus suprasylvius verschwindet beim Menschen, wo die Gegend um die Sylvische Spalte sich mächtig ausdehnt, in der Tiefe dieser Spalte. Nur sein kaudaler Abschnitt bleibt als erste Schläfenfurche (s. Fig. 220) außen sichtbar. Auch bei Tieren, Seehund z. B., ist es manchmal so. Der Sulcus lateralis

erscheint oft nur in Teilstücken, von denen man das frontale als Sulcus coronalis, das kaudale als Sulcus occipitalis lateralis bezeichnet. Noch am Menschenhirn ist diese Teilung, des gewöhnlich Sulcus interparietalis Fig. 220 genannten Spaltes oft vorhanden.

Wenn alle Stücke vereint sind, dann erhält man eine schöne zweite Bogenfurche, wie etwa an dem Hundegehirn der Fig. 210. Bei den meisten Raubtieren liegt zwischen beiden noch eine weniger tiefe und inkonstantere Parallelfurche, der Sulcus ectosylvius, auch er ist oft in mehrere Teile gespalten.

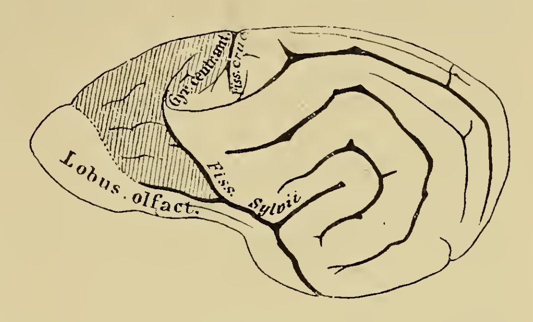


Fig. 210.
Hundegehirn. Die Stirnlappen schraffiert.

An dem sonst glatten Igelgehirn (Fig. 200) bemerken Sie im Frontalabschnitt eine einzige, fast senkrecht auf die Längsachse des Gehirnes gestellte Furche. Diese, der Sulcus orbitalis, gehört ebenfalls zu den häufigeren Windungen. Ähnlichen Verlauf hat noch der Sulcus diagonalis, der auch in Fig. 209 verzeichnet ist. Oft fließt die eine oder andere dieser Furchen mit der Sylvischen Spalte zusammen, diese frontal- und dorsalwärts verlängernd. Das ist z. B. an dem Bärengehirn Fig. 211 zu sehen, wo das Ganze noch als Fissura Sylvii bezeichnet ist.

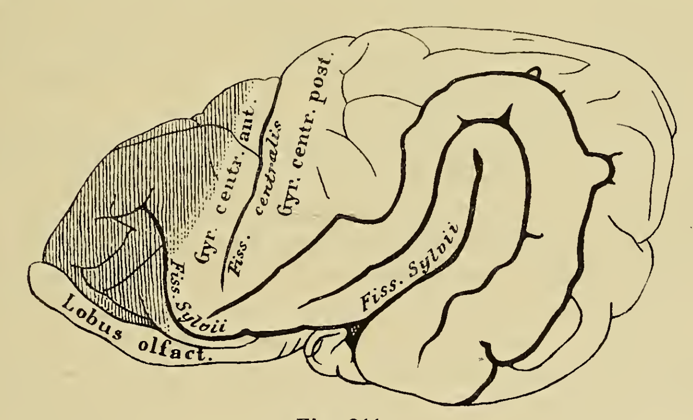


Fig. 211.
Bärengehirn nach Turner. Die Stirnlappen schraffiert.

Wenn der Sulcus diagonalis mit der Sylvischen Spalte zusammenfließt, bedeckt die ihn umgebende Rinde das Rindenstück in der Tiefe der Sylvischen Spalte ganz oder zum Teil: Affen, oder ganz: Mensch. Es heißt Insel. Der Sulcus orbitalis ist phylogenetisch sehr alt, er variert aber durch die ganze Reihe sehr.

Im frontalen Abschnitt des Mantels liegt bei den Raubtieren und den Primaten regelmäßig eine kleine, aber physiologisch sehr wichtige Furche, der Sulcus cruciatus. Er schneidet die Mantelkante so an, daß ein Gehirn, von oben gesehen, hier einen kreuzförmigen Einschnitt zeigt. Die schmalen Schenkel des Kreuzes werden von dem Sulcus cruciatus, der lange von dem Mantelspalt gebildet. Durch Zusammenfluß dieser Furche vielleicht mit einem Teile des Sulcus coronalis, entsteht beim Menschen und den Affen die Zentralfurche, um die herum alle sogenannten motorischen Zentren liegen. Deshalb ist auf der Abbildung des Bärengehirnes und ebenso auf der des Hundegehirnes die Kreuzfurche gleich als Sulcus centralis bezeichnet.

Wenn wir die enormen Unterschiede wohl verstehen wollen, die in der Ausbildung des Vorderhirnmantels bei den verschiedenen Säugern sich finden, so müssen wir auf einen Umstand Rücksicht nehmen, dessen bisher noch nicht ausführlich gedacht ist. Der Hirnmantel ist nicht ein funktionell einheitliches Organ. Er setzt sich vielmehr zusammen aus einer ganzen Anzahl verschiedener Teile — Zentren hat man sie genannt — und zahlreiche physiologische Versuche haben gelehrt, daß Bewegungen, die erlernt werden müssen, und wohl die meisten seelischen Kombinationen, durch die Existenz solcher Zentren erst möglich werden.

Die einleitenden Vorlesungen haben Sie nun darüber orientiert, daß die eigentlichen motorischen und sensiblen Zentren der peripheren Nerven tief unten, vom Rückenmarke bis zum Mittelhirne, sitzen, und daß diese, auch wenn das Vorderhirn fehlt, durch reichlich vorhandene, früh schon vorgebildete Verknüpfungsreihen zu zweckmäßiger Tätigkeit an sich schon ausreichend sind.

Die Experimentalphysiologie aber zeigt, daß viele der tiefen Zentren mit höher oben in der Rinde gelegenen derart verbunden sind, daß Reizung der letzteren Bewegung auslöst. Darüber schwebt namentlich der Streit, von welcher Natur und Wichtigkeit der Einfluß der höheren auf die tieferen Zentren sei. Deshalb bemüht man sich, möglichst genau die Erscheinungen zu studieren, welche nach Wegnahme von Rindenpartien auftreten. Zweifellos ist die Dignität der Hirnrinde bei verschiedenen Tieren eine verschiedene. Während Wegnahme des ganzen Großhirnes bei niederen Tieren die Fähigkeit, gröbere Bewegungen mit guter Kraft auszuführen, nicht aufhebt, treten bei Säugetieren nach Zerstörung zirkumskripter Partien der motorischen Zone rasch vorübergehende Lähmungen auf, und beim Menschen führt gar die Erkrankung auch relativ kleiner Teile der Rinde oft zu dauernden Lähmungen. Offenbar können alle motorischen und viele sensorisch-psychische Funktionen von tiefer liegenden Hirnteilen ausgeführt werden. Je höher man aber in der Tierreihe aufsteigt, um so mehr wird bei der Gehirntätigkeit die Rinde mit in Anspruch genommen, um so mehr spielt das Bewußt-

sein mit. Der Mensch hat in dieser Beziehung eine Stufe erreicht, auf der viele der betreffenden Funktionen gar nicht mehr ohne Teilnahme der Rinde ausgeführt werden können. Bei den Säugetieren werden alle möglichen Übergangsstadien beobachtet. So erklärt es sich, daß zwar bei den letzteren durch Reizung der Rinde die einzelnen Muskeln usw. beeinflußt werden können, daß die betreffenden Rindenpartien aber für die betreffenden Bewegungen noch nicht unentbehrlich sind. Beim Menschen ist der größere Teil der Vorderhirnoberfläche unentbehrlich geworden.

Morphologisch verrät sich dies Verhältnis durch ganz verschiedene Entwicklung der einzelnen Teile des Hirnmantels. Noch sind wir erst für wenige Tiere in der Lage, die wesentlichen Teile des Mantels voneinander zu scheiden, doch erkennen wir schon, daß in der Säugetierreihe die Ausbildung der Rinde noch in fortwährendem Flusse ist. Es existieren da die allergrößten Verschiedenheiten und die wechselndsten Größenverhältnisse. Aber für einige derselben kann doch schon heute die Wertigkeit gezeigt werden, welche sie im Gesamtplane einnehmen.

Noch kennen wir nicht genügend die funktionelle Bedeutung aller Teile des Hirnmantels, aber einige derselben sind doch so weit physiologisch und anatomisch bekannt, daß man sie bei verschiedenen Arten untereinander vergleichen kann.

Schon eine oberflächliche Betrachtung der Säugergehirne lehrt, daß z. B. bei sehr vielen, besonders bei allen niederen Arten, der Riechlappen und die mit ihm zusammenhängenden Rinden- und Fasergebiete einen Komplex darstellt, der fast so groß ist wie das ganze übrige Palliumgebiet. Das Gürteltiergehirn (Fig. 196) gibt ebenso wie das Igelgehirn (Fig. 200) dafür je ein Beispiel.

Auch an dem Gehirn des Kaninchens, der Maus, des Hundes (Fig. 210), sind die Riechlappen sehr stark entwickelt. Sie ragen weithin an der Unterseite des Neopalliums hervor. Bekannt ist ja auch, welche Rolle der Geruchsinn bei diesen Tieren spielt. Was wir gar von der Lebensweise der Tiere wissen, deren Archipallium dem Neopallium fast gleichgroß ist, stimmt gut mit dem überein, was ihr Hirnbau lehrt. So verbringt z. B. das kleine Gürteltier, dessen Gehirn abgebildet ist, seine ganze Existenz im Gemülm und unter dem Laube der tiefdunkeln Urwälder dahinkriechend. Für die Auswahl seiner Nahrung, für das Finden derselben, wird ihm kein Sinnesapparat so wichtig sein, wie der Geruch. Die gleichmäßigen kleinen Bewegungen des plumpen Körpers werden viel weniger erlernter und überlegter Handlungen bedürfen, als etwa die Greifhand eines Affen. Bei dem letzteren werden wir deshalb viel größere Entwicklung der eigentlich psychischen Zentren für die Oberextremitäten erwarten dürfen, als bei dem kleinen wühlend lebenden Wesen. Das trifft in der Tat zu. Ja noch mehr, man kann heute schon gelegentlich aus der Entwicklung einen bestimmten Rindengegend auf

eine seelische Leistungsfähigkeit in besonderer Richtung schließen. Der Elephant z. B. besitzt in der Rindengegend, wo bei höheren Säugern das Facialisgebiet lokalisiert ist, ein besonders großes Rindenfeld, welches dem Nashorn und dem Tapir völlig fehlt. Wüßten wir gar nichts von der wunderbaren Fähigkeit des Tieres, seinen Rüssel zu den mannigfachsten Vorrichtungen einzuüben, so dürften wir doch aus dem Vorhandensein des erwähnten Feldes im Antlitzgebiete vermuten, daß von hier aus Muskeln innerviert werden, die ganz besonderer Einübung fähig sind. Dann aber, das ist viel deutlicher, ist bei dem Elephant der Schläfenlappen ganz enorm entwickelt. Beim Menschen, Hund und Affen enthält er Gehörzentren. Jederman weiß, wie weitgehend das Hörverständnis des mächtigen Tieres ist, wie der Führer es mit einem



Fig. 212.
Das Gehirn des afrikanischen Elephanten. Nach Flatau und Jakobson.

Worte zu den mannigfachsten Verrichtungen bringt. Auch bei Hunden, beim Pferde sind die Schläfenwindungen relativ stark entwickelt.

Man kann wohl sagen, daß der Hirnmantel sich in dem Maße vergrößert, als aufsteigend in der Tierreihe neue Zentren in ihm sich anlegen, Rindengebiete, die zur Einübung von Bewegungen zum Zurückhalten, Erkennen und Wiederverwerten von Sinneseindrücken und — wohl in ihrer Hauptmasse — zur Assoziation verwendet werden.

Man fängt erst jetzt an, die physiologische Gleichwertigkeit der einzelnen Windungen bei verschiedenen Tierarten zu studieren. (Mann, Ziehen).

Eine ganz besondere Rolle kommt dem Stirnlappen zu. Es ist die Gegend frontal von dem Sulcus centralis. An dem Gehirn des fossilen Halbaffen, das Fig. 214 abbildet, liegt frontal von dem Sulcus centralis kaum noch nennenswerte Hirnmasse. Auch an dem Hunde- und Bärengehirn (Fig. 210 u. 211) ist das dort schattierte Stirnhirn noch recht klein.

Aber bei den lebenden Halbaffen, dann aber bei den Affen und und besonders beim Menschen, entsteht an dieser Stelle, wie ein Blick auf Fig. 220 lehrt, ein mächtiger Hirnlappen. Immerhin ist der Unter-

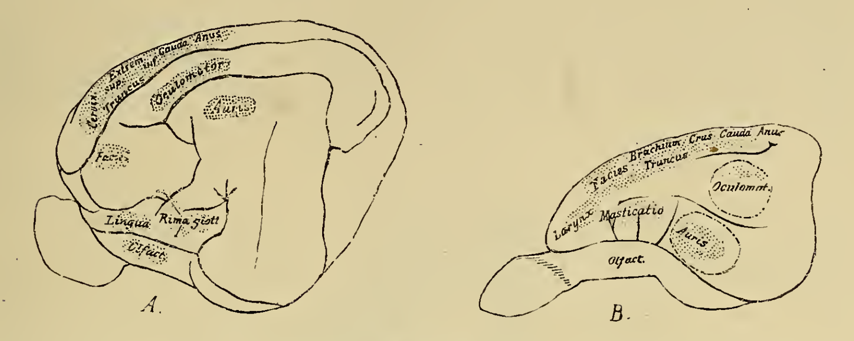


Fig. 213.
Die Rindenfelder, soweit sie durch Reizung nachweisbar sind. *A* von der Katze. *B* vom Kaninchen. Nach Mann.

schied, der zwischen dem Menschen und den menschenähnlichen Affen hier besteht, noch ein recht bedeutender. Zu einem guten Teil ist er auch dadurch bedingt, daß beim Menschen außer den eigentlichen Stirnwindungen noch die ganze Gegend der Sprachzentren — wir haben sie später genauer zu besprechen, — sehr viel mächtiger ist als bei allen anderen Primaten.

Lassen Sie uns nun die einzelnen Teile des Archipalliums näher betrachten.

Im Gegensatze zum Neopallium überschreitet das Archipallium innerhalb der Reihe nicht mehr die Entwicklung, welche es schon bei niederstehenden, alten Arten aufweist. Diese Hirnteile, welche alle dem Geruchsinne dienen, können, wenn das Neopallium auswächst, relativ zu diesem sehr klein werden, aber immer bis hinauf zu den Anthropoiden und dem Menschen, wo durch die mächtige Zunahme des Mantels und die dadurch bedingte hohe psychische Leistungsfähigkeit auf anderen Gebieten der Geruchsinn nur eine kleine Rolle spielt, lassen sich die Einzelteile des Archipalliums nachweisen.



Fig. 214.
Gehirn von Megaladaspis madagascariensis. Nach R. Burckhardt.

So mächtig wie bei dem Fig. 200 abgebildeten Igelgehirn ist der Geruchsapparat natürlich nicht immer, auch das Gehirn des Gürteltieres (Fig. 196) bietet ein Beispiel extremer Entwicklung oder doch relativ enormer Entwicklung. Nach der Entwicklung des Riechhirnes hat man

die Säuger eingeteilt in osmatische und anosmatische. Die Untersuchung einer sehr großen Reihe von Tiergehirnen lehrt, daß sich Riechapparat und Neopallium ganz unabhängig voneinander phylogenetisch entwickeln, daß der eine atrophieren, das andere einen höheren Ausbildungsgrad erreichen kann und umgekehrt. Die erhöhte Ausbildung des Riechapparates zeigt sich nicht nur in der kräftigeren Entwicklung der Riechlappen und der Riechgebiete des Mantels,

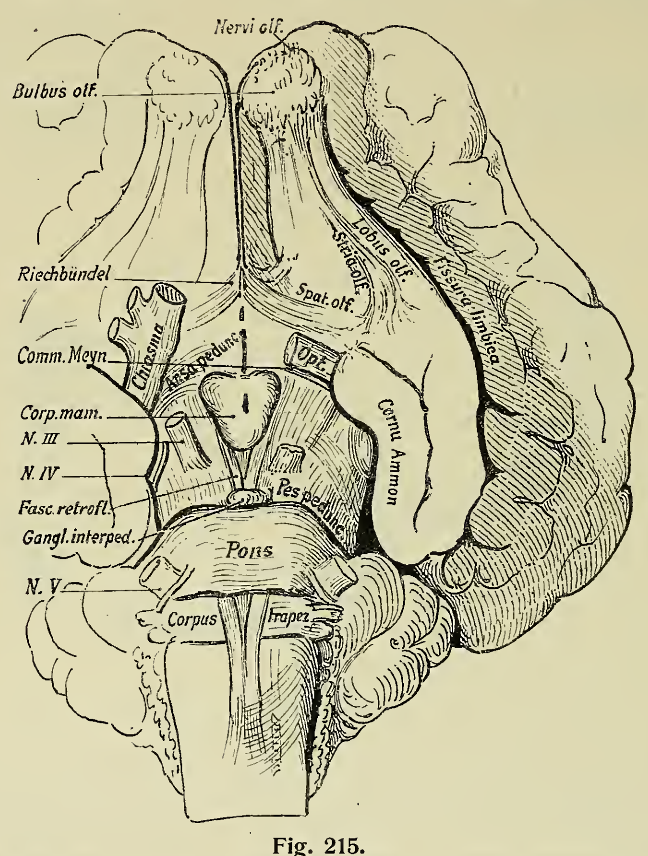


Fig. 215.

Basis des Gehirnes vom Kalbe. Der Ventrikel absichtlich von unten her eröffnet, um seine Recessus. — R. opticus, infundibuli, mamillaris — zu zeigen.

sondern auch durch eine ganz besonders starke Entwicklung bestimmter, zu diesem Apparat gehöriger Zellgruppen und Fasern in den übrigen Teilen des Gehirnes an.

Die Epithelien der Nase senden hirnwärts durch die Lamina cribrosa des Siebbeines hindurch feine Endfäden aus, die Fila olfactoria. Diese Fila treten an den basalen Teil des Gehirnes heran und senken sich in den ihnen entgegenkommenden Fortsatz der Gehirnblase ein. Dieser Fortsatz ist der Lobus olfactorius, und die Verdickung, welche über seiner Spitze durch den Eintritt und die Ausbreitung der

Fila entsteht, heißt Bulbus olfactorius. Es handelt sich nur um das Überkappen des Frontalendes des Lobus durch eine besondere histologische Formation, die Formatio bulbaris.

Ich lege Ihnen hier die Abbildung der Kalbshirnbasis vor. Da erkennen Sie einen mächtigen einheitlichen Lappen, der lateral überall vom Neopallium durch die Fissura limbica getrennt ist, während er medial nur in seinem kaudalen Abschnitte eine mächtige Furche aufweist. Diese heißt Fissura hippocampi. Die schwarze dicke Linie medial von der mit Cornu Ammonis bezeichneten Stelle deutet ihre Lage an.

Die Rinde, welche hier eingestülpt wird, liegt nahe dem Hemisphärenrand. Sie erhebt sich noch einmal als Gyrus dentatus, der hier nicht sichtbar ist weil er in der Tiefe liegt, und endet dann als Tela chorioidea in dünner Platte. Der gesamte Rindenabschnitt, der so, teils an der Basis, teils innen liegt, heißt Cornu Ammonis. Es ist näher S. 292 beschrieben.

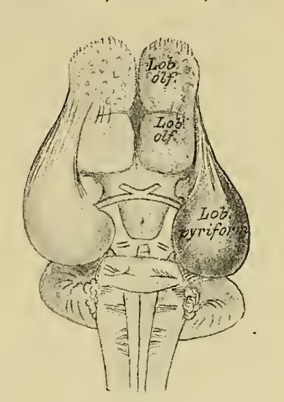


Fig. 216.
Gehirn von Dasypus villosus.
Lob. olf. post. = Tub. olf.

Der Lobus olfactorius zerfällt in einen frontalen Abschnitt, die eigentliche Pars olfactoria und einen kaudalen, die Pars ammonica oder Lobus pyriformis.

Über den vorderen Abschnitt sieht man die aus der Formatio bulbaris stammende zentrale Riechfaserung in einigen dicken Zügen — Stria olfactoria der Fig. 215 — herabziehen. Sie verschwindet an der kaudalen Grenze der Pars olfactoria, nachdem sie sich in deren Rinde schon allmählich erschöpft hat, ganz. Zum Teil geraten diese Fasern, die immer an der Unterseite des Gehirnes leicht zu erkennen sind, in ein breites, mehr medial liegendes Feld, das Spatium olfactorium, auch weil es vielfach hügelartig hervorragt, Tuberculum olfactorium genannt. Es sind namentlich die medialeren Bündel der Riechstrahlung. Aus dem Felde selbst entspringt dann ein weiteres, gut sichtbares Bündel, welches im Hemisphärenspalte sich aufwärts zur Oberfläche des gerade hier gelegenen Corpus paraterminale wendet, Riechbündel der Fig. 215. Es handelt sich hier wohl um eine tertiäre Riechbahn. Wir werden sie später genauer kennen lernen. Bei den Nagern liegt dieser Strahlung medial noch ein kleiner Tumor an, ein akzessorisches Riechfeld.

Wo der Bulbus und das Spatium olfactorium sehr stark ausgebildet sind, wie z. B. bei dem Gürteltier, das Fig. 216 darstellt, sieht es aus, als ob der ganze hintere Teil des Riechlappens an dem Stile der Striae olfactoriae hänge; es kommt so zu einer birnförmigen Figur des kaudalen Abschnittes. Die hat ihm denn auch den Namen Lobus pyriformis eingetragen. Der Lobus pyriformis ist meist ganz glatt;

zuweilen, wie bei unserer Kalbsabbildung, aber leicht gefurcht. Er muß, samt dem ihm anliegenden Gyrus dentatus, zu den kortikalen Zentren des Riechapparates gerechnet werden.

Es ist schon erwähnt worden, daß der ganze Riechapparat bei einigen Säugern, zumal bei den Primaten, also auch bei dem Menschen,

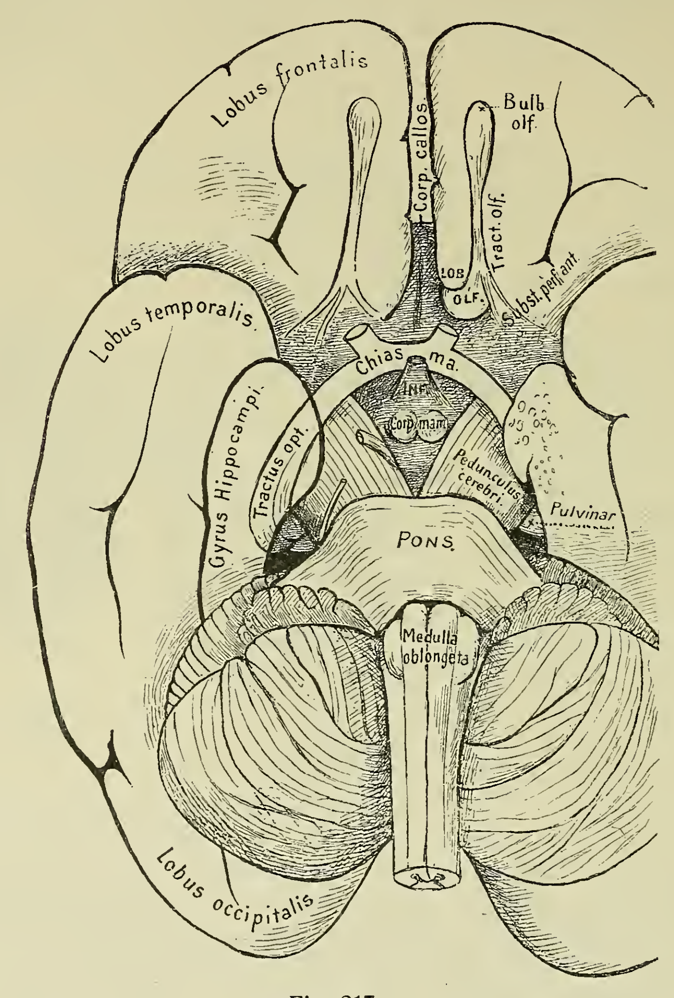


Fig. 217.

Die Hirnbasis des Menschen. Nur die Pars olfactoria des Lobus olfactorius sichtbar, die Pars ammonica des Lobus pyriformis unter dem „Uncus“ verschwunden.

stark atrophiert. Dann bleibt der Lobus als langes, von den weißen Fasern der Striae bedecktes Bündel zurück, an dessen kaudalem Ende diese Bündel auf dem Reste seiner Rinde auseinanderfahren; der Lobus pyriformis verschwindet hier fast unter der mächtigen, ihn überkappenden Masse der Schläfenlappenspitze. Er bleibt eigentlich nur dadurch kenntlich, daß ein Stückchen der Fissura limbica, hier unter der

Schläfenlappenspitze noch nachweisbar, ein kleines mediales Feldchen abgrenzt.

Bei einer Anzahl im Wasser lebender Tiere spielt der Geruchsinn natürlich nur eine geringe Rolle. Dort — bei den Walen, den Sirenen, den Pinnipediern — verkümmert der kortikale Riechapparat zuweilen bis zu vollständigem Schwunde.

Die Fasermasse, welche das Pallium mit den tieferen Grundapparaten verbindet, ist nur ganz gering im Verhältnis zur Gesamtmasse der Fasern im Großhirne. Diese besteht vielmehr aus Eigenfasern, Apparaten, welche, in allergrößter Menge innerhalb des Großhirnes vorhanden, geeignet sind, jeden seiner Teile mit allen anderen zu verknüpfen. Was also am Großhirne so besonders entwickelt ist, das ist sein Eigenapparat. Dieser enorme Eigenapparat ist offenbar in sich zu vielen Leistungen befähigt, er vermag die auf relativ wenigen Bahnen ihm zukommenden Rezeptionen zu verarbeiten und auf weiteren, ebenfalls geringen Bahnen vermag er das durch die Verarbeitung Erreichte irgendwie auf den motorischen Apparat wieder zu übertragen. Wir lernen gehen und stehen mit dem Rückenmarke, wir erhalten unsere Statik aufrecht durch andere Apparate, aber es können lange Gedankenreihen, Erwägungen, Hemmungen und Schlüsse gelegentlich nötig werden, um uns etwa zu einem freiwilligen Spaziergang zu veranlassen. Diesem letzteren Teil der Verrichtungen liegt die Arbeit des Großhirnes zugrunde.

Alle Untersuchungen über den Hirnmantel drängen zu der Annahme, daß er aus Einzelfeldern zusammengesetzt ist, welche an relativer Größe wechseln können. Ein Teil dieser Zentren steht in Beziehung zu motorischen und sensorischen Prozessen, ein anderer, bisher nur beim Menschen studierter, enthält nach Flechsig Assoziationsgebiete, die durch ihren Bau wohl geeignet sind, zahllose Verbindungen in sich und mit anderen Zentren einzugehen. Es ist nach Flechsig wahrscheinlich, daß auf der hohen Ausbildung der „Assoziationszentren" das geistige Übergewicht der Primaten beruhe. Die Assoziationszentren sollen später ihr Mark erhalten als die Rindenfelder, welche wesentlich motorischen und Sinnesempfindungen dienen. Diese letzteren sind, wie wir wissen, durch Stabkranzfasern mit den tieferen Zentren verbunden. Den Assoziationszentren fehlten nun, meint Flechsig, im wesentlichen solche Stabkranzfasern. Diese Angaben sind ihrer Wichtigkeit entsprechend bald von vielen Seiten nachgeprüft worden. Dabei hat sich gezeigt, daß eigentlich alle Teile des Hirnmantels Stabkranzfasern aussenden, daß also reine Assoziationszentren nicht existieren. Es scheint aber in der Tat, daß bestimmte Rindengebiete, der Stirnlappen z. B., an Stabkranzfasern ärmer, an inneren Assoziationsbahnen reicher sind als andere und sicher ist überall im Gehirn die Summe der Assoziationsfasern sehr viel größer als die der Stabkranzfasern.

Ganz allmählich nimmt dann der Mantel in der Tierreihe aufsteigend an Umfang zu. In der Klasse der Primaten hat er bei den Affen eine Ausdehnung erlangt, welche nahe an die Verhältnisse beim Menschen grenzt. Aber noch unterscheidet ihn, außer unwesentlicheren Verhältnissen, ein wichtiges Moment von der beim Menschen erreichten Stufe. Der Stirnlappen, der bei den niederen Affen noch sehr klein ist, erreicht bei den höheren schon eine große Ausdehnung, bleibt aber

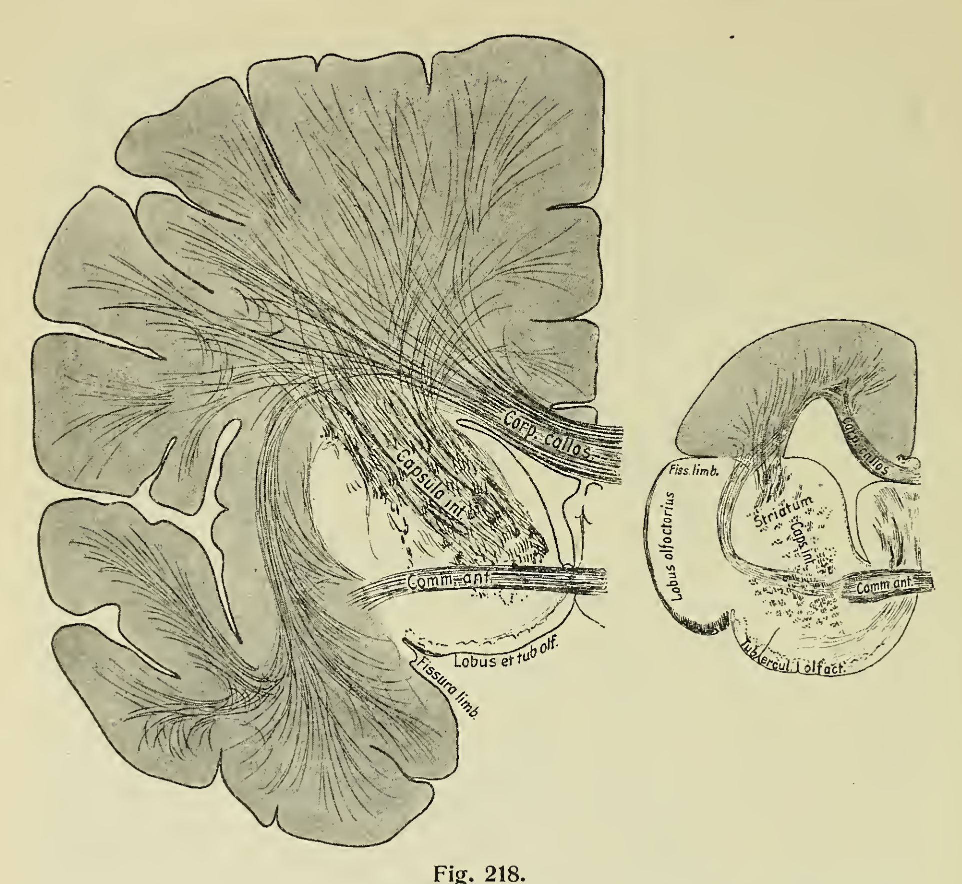


Fig. 218.

Die Entwicklung des Hirnmantels. Schnitt links durch ein Gehirn vom Menschen, rechts vom Gürteltiere.

immer noch sehr zurück gegen den Stirnlappen des Menschen. Ja beim Menschen ist dieser Entwicklungsgang noch keineswegs abgeschlossen. Es finden sich gerade im Stirnlappengebiete noch Differenzen, welche auf die Möglichkeit einer weiteren Vervollkommnung schließen lassen. Ganz besonders kommt hier das ventrale Gebiet in Betracht, welches, die Sprachzentren enthaltend, sehr wesentliche individuelle Verschiedenheiten in der Ausbildung zeigt.

Wo ein kleiner Mantel vorhanden ist, kann natürlich auch die von ihm ausgehende Faserung nur gering sein. In der Tat ist die Strahlung

aus der Rinde bei vielen kleineren Säugern so gering, daß ein eigentliches Centrum semiovale gar nicht zustande kommt, daß vielmehr die ganze Faserung sich auf einen relativ dünnen Belag unter der Rinde beschränkt, der dann dicht an den Ventrikel angrenzt und von den Endfäden seines Epithels durchzogen wird.

So will ich denn diese Vorlesung abschließen, indem ich Ihnen eine Abbildung vorlege, die mehr als Worte zeigt, welchen Entwicklungsgang das Säugergehirn genommen hat. In Fig. 218 habe ich je einen Schnitt durch eine menschliche Hemisphäre und eine solche von Dasypus nebeneinandergestellt. Sie sehen, wie mächtig sich das hier dunkel schattierte Neopallium beim Menschen aus den kleinen Anfängen entwickelt, welche das Gürteltier zeigt. Sie erkennen aber auch, wie atrophisch bei dem Menschen das wesentlich für den Geruchsinn bestimmte Archipallium, der hellere ventrale Abschnitt beider Figuren geworden ist. Am besten vergleichen Sie beide nachdem Sie die Fissura limbica aufgesucht haben. Die Größenverhältnisse stimmen nicht ganz, es hätte das Dasypusbild noch wesentlich kleiner gezeichnet werden müssen, aber dann hätte es an Klarheit verloren.

Die besten älteren Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Säugergehirnes sind die von Leuret und Gratiolet, von späteren wären besonders die von Stieda, Meynert, Gudden, Kölliker, Ganser, Turner zu erwähnen. Einzelne Teile, wie z. B. der Riechapparat, sind besonders von Broca, Zuckerkandl, Elliot Smith und Retzius bearbeitet. Dann besitzen wir sehr viele Monographien über die Hirnoberfläche verschiedener Säuger; anthropomorphe Affen von Bischoff, Waldeyer, Bolk u. a., Lemuren von Flower und Gervais, Wale von Guldberg, Ziehen und Kükenthal, Ungulaten von Krueg, Ellenberger, Tenchini und Negrini, Raubtiere von Meynert, Spitzka u. a. Kritische Zusammenstellungen, Sichtung und Vergleichung verdanken wir in neuester Zeit namentlich Turner, dann Ziehen und Kükenthal. Die zahlreichen Abweichungen von dem beschriebenen Typus, wie sie normal oder durch Mißbildungen vorhanden sein können, haben von den meisten der oben erwähnten Autoren, dann aber auch von besonderen Bearbeitern, Richter, Sernow, Mingazzini u. a., Berücksichtigung erfahren. Für das Gehirn der niedersten Vertebraten sind besonders die zahlreichen Arbeiten von Elliot Smith und von Ziehen wichtig. Von der gesamten äußeren Form der Säugetiergehirne handelt ein monographisch angelegtes Werk von Flatau und Jakobsohn, ebenso ein Tafelwerk von Parker.

Neunzehnte Vorlesung.

Der Hirnmantel des Menschen und seine Windungen.

M. H.! Lassen Sie uns an einem menschlichen Gehirn die Windungen und Furchen der Großhirnoberfläche betrachten.

Es ist noch nicht so lange her, daß die Anatomen wenig und die Ärzte gar kein Interesse der Lehre von der Gestaltung der Hirnoberfläche entgegenbrachten; noch ist nicht so gar viel Zeit verflossen, seit Ordnung gebracht wurde in das anscheinend so unregelmäßige Chaos der Hirnwindungen, daß klare Abbildungen an die Stelle jener älteren Tafeln getreten sind, von denen ein Autor mit Recht sagt, daß sie eher eine Schüssel voll Makkaroni, als ein Gehirn darstellten. Für das

menschliche Gehirn speziell ist das Interesse erst recht lebhaft geworden, als die Physiologie und bald genug auch die Pathologie gezeigt hatten, wie verschiedenartig Reizungen, Exstirpationen, Erkrankungen sich äußern, je nachdem sie die eine oder die andere Windung der Hemisphärenoberfläche treffen.

Nur durch das Wort und die Zeichnung wird es mir nicht gelingen, Sie mit den Windungszügen so, wie wünschenswert ist, vertraut zu machen. Wollen Sie deshalb ebenfalls ein Gehirn zur Hand nehmen und, meinem Vortrage folgend, Furche für Furche, Windung für Windung sich aufsuchen. Die folgenden, meist rein schematischen Abbildungen mögen Ihnen dabei als Wegweiser dienen. Nur die wichtigeren kon-

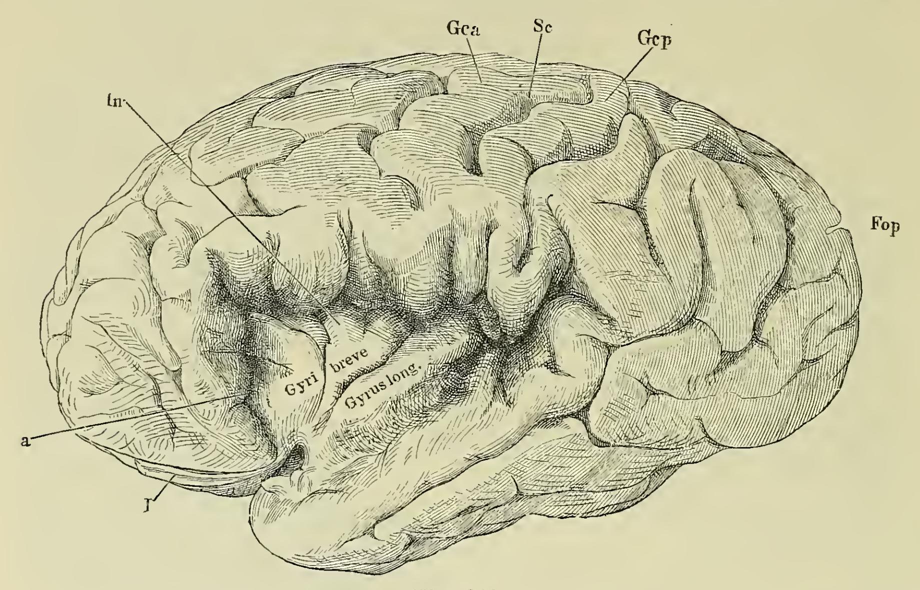


Fig. 219.
Die linke Hemisphäre mit auseinander gezogener Fissura Sylvii, um die Windungen der Insel *In* zu zeigen. *Sc* Sulcus centralis. *Gca, Gcp* Gyrus centralis anterior und posterior. *Fop* Fiss. parieto-occipitalis. Nach Henle.

stanten Windungen und Furchen sind darin aufgenommen. Das einfache Schema prägt sich leichter dem Gedächtnisse ein, als Abbildungen der wirklichen Hirnoberfläche, welche alle die kleineren Windungen, die seichteren Furchen, welche inkonstant sind, neben den tieferen konstanten Gebilden wiedergeben.

Suchen wir zunächst den mächtigsten Spalt an der Hirnoberfläche, die Fissura Sylvii auf. Er ist an der lateralen Seite des Gehirnes schon sehr früh entstanden, als dieses sich um den festen Punkt, der in der Tiefe durch das Stammganglion gegeben wird, auswachsend herumkrümmte. Zuerst war hier nur eine flache Grube (Fig. 198), die Fossa Sylvii, später aber, als der Hirnmantel weiter auswuchs, hat er jene Grube von allen Seiten zugedeckt. Ein langer Spalt, eben die

Fissura Sylvii, der gar keine echte Hirnfurche ist, führt in diese Grube hinein. Man kann ihn auseinander ziehen und findet dann den Boden der Spalte mit der mehrfach gefurchten Rinde der Insula Reili bedeckt. Diese Rinde grenzt direkt an die innen liegenden Stammganglien.

Die Sylvische Spalte trennt den größten Teil des Schläfenlappens vom übrigen Gehirne. Man unterscheidet einen langen hinteren und einen oder zwei kurze vordere, nach oben gerichtete Schenkel an ihr. Die Gehirnmasse, welche da liegt, wo jene zusammenstoßen, deckt die Insel zu und heißt Operculum. Wenn man die Hirnteile, welche die Sylvische Spalte umgeben, auseinanderzieht, wie es an dem Fig. 219

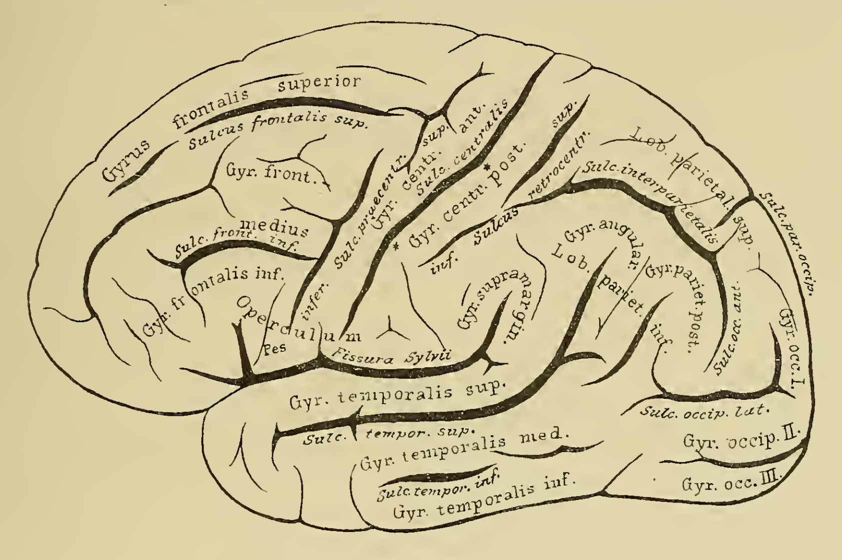


Fig. 220.

Seitenansicht des Gehirnes. Die Gyri und Lobuli sind mit Antiquaschrift, die Sulci und Fissurae mit Kursivschrift bezeichnet.

abgebildeten Präparate geschehen ist, so bietet sich die Insel frei dem Blicke. Man erkennt, daß sie durch 2 über sie ziehende Furchen in 3 Läppchen geteilt wird.

Die beiden Hauptfurchen der Insel liegen auf unserer Abbildung vor und hinter dem Worte „breves". Die kaudalere heißt Sulcus longitudinalis, die frontalere Sulcus centralis insulae. Der Lappen vor dem Sulcus centralis ist in mehrere kleine Gyri gespalten, er geht ventral in den beim Menschen sehr atrophischen Lobus olfactorius (l der Fig. 219) durch allerlei kleine, dieser Atrophie entsprechende Höcker über. Der Abschluß der Insel von der Hirnoberfläche wird erst nach der Geburt, wesentlich durch das Wachsen des Operculum und der Schläfenwindungen, vollständig. Bei mangelhafter Ausbildung der Windungen überhaupt — Mikrocephalie, oder seltener bei mangelhafter Ausbildung der Sprach-Hörwindungen, etwa bei Taubstummen, auch bei krankhaften Prozessen in den erwähnten Windungen, kann es dazu kommen, daß die Insel unbedeckt bleibt, also frei liegt. Bei den Affen liegt wegen mangel-

hafter Entwickelung der Sprachrinde im Operculum der frontale Teil der Insel frei. Erst bei den menschenähnlichen Affen gerät manchmal auch der freie Inselteil in die Tiefe (Marchand). Übrigens ist bei dem Menschen auch die ganze Insel größer als bei den Affen; namentlich der Abschnitt vor dem Sulcus centralis scheint (Bolk) sich erst beim Menschen richtig zu entwickeln. Was hinter ihm liegt, der Gyrus longus, ist z. B. bei Mensch und Orang ganz gleich.

In dem Operculum beginnt eine wichtige Furche, die von da zur Hirnkante aufsteigt, oft auch in diese einschneidet, der Sulcus centralis, die Zentralfurche. Nicht selten teilt eine kleine Übergangswindung in der Tiefe der Spalte diese in eine untere und eine obere Hälfte. Die neueren chirurgischen Operationen am Gehirne, ebenso die aus physiologischen Studien gewonnene Erkenntnis haben es wünschenswert gemacht, die Länge der Furche in Teile zu zerlegen. Als Anhaltspunkte dienen die beiden auf der Abbildung mit * bezeichneten Kniee, das obere und das untere Knie der Zentralspalte. Suchen Sie sich die Furche in Fig. 220 auf. Sie trennt den Lobus frontalis vom Lobus parietalis. Was nach unten von der Sylvischen Spalte liegt, heißt Lobus temporalis. Vor dem Sulcus centralis liegt die vordere Zentralwindung[1]), hinter ihm die hintere Zentralwindung[2]).

Das Gebiet vor der vorderen Zentralwindung, der Stirnlappen, wird durch zwei Furchen, die obere und die untere Stirnfurche, in drei Windungen, die obere, mittlere und untere Stirnwindung, geteilt. Diese Stirnwindungen sind nicht immer in der ganzen Länge des Stirnlappens scharf voneinander geschieden, da die Stirnfurchen oft genug nach kurzem Verlaufe durch Querbrücken unterbrochen werden. Sie finden leicht an jedem Gehirne diese drei übereinander liegenden Teile des Stirnlappens und bemerken wohl auch, daß sie mit der vorderen Zentralwindung durch mehrere Übergangswindungen zusammenhängen. Geschieden werden sie von dieser Windung durch eine in ihrer Länge und Tiefe sehr veränderliche Furche, den Sulcus praecentralis, von dem neben einem konstanteren unteren zuweilen ein kürzerer oberer Abschnitt nachweisbar ist. Das Verhältnis, welches hier die Abbildung der Fig. 221 bietet, soll nach Untersuchungen von Schnopfhagen das häufigste sein.

An der sehr breiten mittleren Stirnwindung wird zweckmäßig ein medialer von einem lateralen Abschnitte unterschieden. Die untere Stirnwindung wird von den beiden kurzen vorderen Ästchen der Fissura Sylvii eingeschnitten. Sie vereinen sich in Form eines V am Hauptaste. Die Gegend dieses V ist der als Pars opercularis bezeichnete Abschnitt der Windung. Hier kommen je nach der Höhe der intellektuellen Entwickelung nicht unbeträchtliche Variationen vor. Speziell der Abschnitt, welcher zwischen dem kaudalen Schenkel des V und der vorderen Zentralwindung liegt, der Fuß der unteren Stirnwindung, ein einfacher Windungszug, zeigt oft Einkerbungen, Verbreitungen u. dergl. Am Gehirne Gambettas, bekanntlich eines hervorragenden Redners, war er links zur Doppelwindung geworden (Hervé).

1) Circonvolution frontale ascendente } der französischen Autoren.
2) Circonvolution pariétale ascendente }

Das Gehirn der anthropoiden Affen ist an Windungszügen dem des Menschen außerordentlich ähnlich. Was es aber von jenem ganz besonders scheidet, das ist die Entwickelung der Stirnwindungen. Die obere und die mittlere sind immer sehr viel kürzer, die untere ist nur in Rudimenten nachweisbar. Es ist sehr wahrscheinlich, daß dies der anatomische Ausdruck für geringere Intelligenz und besonders auch für das ganz unentwickelte Vermögen zu artikulierter Sprache ist. Da wir wohl unserem Sprachvermögen die Ausbildung unserer Intelligenz verdanken — nicht das Individuum, sondern die Gesamtheit ist gemeint —, so kann man vielleicht in der mangelhaften Ausbildung der unteren Stirnwindung die Ursache der geringeren Entwickelung des ganzen Stirnhirnes der Affen finden.

Der S c h l ä f e n l a p p e n ist von mehreren Furchen durchzogen, welche parallel mit der Fissura Sylvii laufen und eine o b e r e, m i t t l e r e

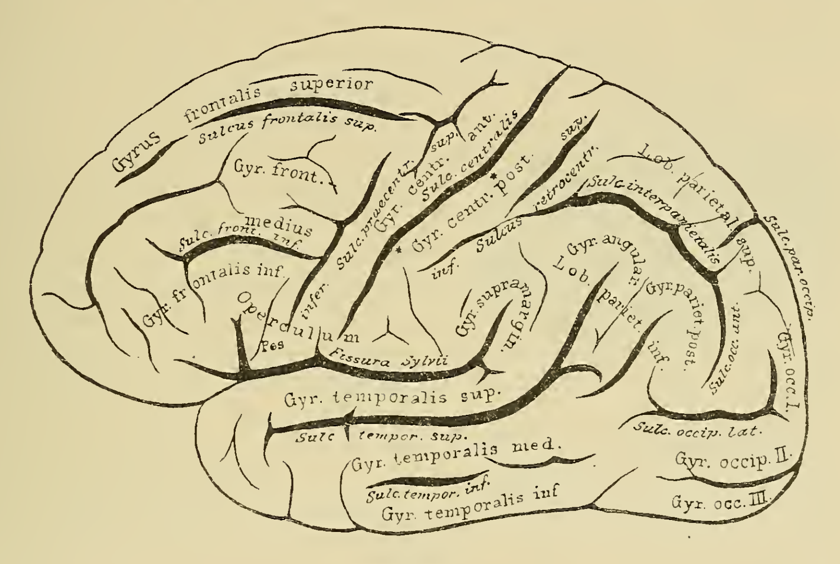


Fig. 221.

Seitenansicht des Gehirnes.

und u n t e r e T e m p o r a l w i n d u n g mehr oder weniger scharf voneinander trennen. Meist sind nur die beiden ersten in ihrer ganzen Länge deutlich abscheidbar.

Suchen Sie jetzt das Gebiet hinter der Zentralfurche, nach oben vom Schläfenlappen auf; es heißt P a r i e t a l l a p p e n. In ihm wird durch eine Furche, S u l c u s i n t e r p a r i e t a l i s, welche im Bogen um die Enden der Fossa Sylvii und der ersten Schläfenfurche herumläuft, ein o b e r e r und ein u n t e r e r P a r i e t a l l a p p e n abgeschieden. Der obere ist durch nichts vom größten Teile der hinteren Zentralwindung geschieden, wenn nicht, was übrigens oft vorkommt, ein Zweig des Sulcus interparietalis nach der Hemisphärenkante hinaufsteigt und so die Verbindung bedeutend verschmälert.

Dieser Ast, S u l c u s r e t r o c e n t r a l i s s u p., kommt auch getrennt von der Interparietalspalte vor. Die Interparietalspalte läßt drei, gelegentlich auch

gesondert auftretende Abschnitte erkennen. Der frontale Abschnitt wird als Sulcus retrocentralis inf., der kaudale als Sulcus occipitalis anterior oder perpendicularis bezeichnet.

Den Teil des unteren Scheitellappens, welcher das Ende der Fissura Sylvii umkreist, nennt man Gyrus marginalis, den dahinter liegenden Teil, welcher um die obere Schläfenfurche zieht, Gyrus angularis. Den ersteren sehen Sie an jedem Gehirne sofort, den letzteren Gyrus müssen Sie sich mit etwas mehr Mühe aufsuchen. Sie finden ihn in dem Raume, welcher von der Interparietalfurche nach oben, von der oberen Schläfenfurche, resp. deren Ende nach unten abgeschlossen ist; eben um dieses Ende schlägt sich ja sein hinterer Teil herum. Die Gegend des Gyrus angularis ist lokalisatorisch wichtig. Es ist deshalb vorteilhaft, sie gut begrenzen zu können. Der kleine Windungszug, direkt kaudal von derselben, wird als Gyrus parietalis posterior bezeichnet.

Der Occipitallappen ist lateral nicht in allen Gehirnen so gleichmäßig gefurcht, daß man immer die von den Autoren angegebene obere, mittlere und untere Occipitalwindung leicht und ohne Künstelei wiederfinden könnte. Von dem Scheitellappen ist er gewöhnlich durch die vordere Occipitalfurche, welche senkrecht hinter dem Lobus parietalis inferior herabzieht, geschieden. Eine oder zwei etwa horizontal gestellte kleine Furchen trennen die kleinen Windungen unter sich.

Haben Sie alle diese Furchen und Windungen gefunden, so schneiden Sie das Gehirn, dem großen Längsspalte zwischen den Hemisphären folgend, mitten durch und studieren nun die mediale Seite desselben.

Die wichtigsten Teile der medialen Hemisphärenwand haben wir schon in der 5. Vorlesung kennen gelernt, als wir die Entwickelungsgeschichte derselben studierten. Ich erinnere Sie nochmals daran, daß wir damals erfuhren, daß der Hemisphärenrand, zum Fornix verdickt, in einem Bogen der nach hinten und unten auswachsenden Hemisphäre folgt, daß vorn, da wo der Balken durchbrach, noch dasjenige Stück der Innenwand, welches zwischen ihm und dem Fornix lag, als Septum pellucidum erhalten blieb.

Durch die Entwicklungsgeschichte orientiert, verstehen Sie leicht den Fig. 223 abgebildeten Schnitt durch das Gehirn des Erwachsenen. An dem Präparate, nach welchem die Zeichnung Fig. 223 gefertigt wurde, sind, ebenso wie hier an dem wieder demonstrierten embryonalen Gehirne (Fig. 222), alle Teile, welche hinter der Mitte des Thalamus liegen, abgeschnitten, weil sie die Unterseite des Schläfenlappens verdecken und ein Verfolgen der Fornixzüge nicht gestatten.

Sie erblicken also jetzt auf dem Längsschnitte in der Mitte das Zwischenhirn, resp. seine laterale Wand, den Thalamus opticus. An der Grenze zwischen ihm und dem Großhirne zieht der zu einem weißen Markstreifen verdickte Hemisphärenrand, der Fornix, im Halbbogen dahin. In der grauen Substanz der Lamina terminalis tritt er nahe der

Hirnbasis zuerst auf, steigt als Columna fornicis dorsalwärts, begleitet den Rand der Hemisphäre dann immer weiter, krümmt sich mit ihm in Schläfenlappen und endet erst an dessen Spitze als Fimbria.

Die horizontale Masse quer durchtrennter Fasern über dem Fornix gehört dem Balken (Corpus callosum) an; an diesem erkennen Sie vorn das Knie, Genu, hinten das Splenium, den Wulst, und in der Mitte den Körper. Zwischen Balken und Fornix liegt das dreieckige Feld des Septum. Außerdem erkennen Sie dicht vor dem Fornix unten die Commissura anterior auf dem Querschnitte. Sie liegt mitten in der Lamina terminalis, die sich dann ventralwärts in den Boden des Zwischenhirnes fortsetzt und hier durch das quer getroffene Chiasma etwas eingestülpt wird. Ich habe absichtlich diese zum Teile nur häutigen Gebilde an unserem Präparate stehen lassen, damit Sie sich hier wieder einmal den ventralen Abschluß des mittleren Ventrikels ansehen können. Auch die Hinterwand, das Infundibulum und ihren Übergang in das ventrale Mittelhirngebiet, den Haubenwulst, habe ich nicht abgeschnitten. Wollen Sie aber an Ihrem Präparate alle diese grauen Teile abheben, und beobachten, wie der Fornix hinter der mit Uncus bezeichneten Stelle sein Ende findet.

Fig. 222.

Innenansicht der auf Fig. 27 abgebildeten embryonalen Hemisphäre; zeigt den inneren unteren Rand der Hemisphäre, welcher zum weißen Markstreif des Fornix verdickt ist. Derselbe wird aber erst nach der Geburt markweiß.

Der Teil der Hemisphärenscheidewand, welcher über dem Balken liegt, ist von wenigen und ziemlich konstanten Furchen durchzogen.

Zunächst zieht dem Balken parallel der Sulcus cinguli. Hinten wendet er sich nach oben zur Hemisphärenkante und endet dort in einem kleinen Einschnitte kaudal von der hinteren Zentralwindung.

Der Sulcus cinguli, welcher auch die Namen Sulcus callosomarginalis und Sulcus splenialis führt, besteht eigentlich aus drei hintereinander liegenden, nicht selten wirklich getrennten Stücken.

Was nach vorn und oben von dieser Furche liegt, rechnet man zur oberen Stirnwindung; der Windungszug, welcher zwischen der Furche und dem Balken einherzieht, heißt Gyrus fornicatus. Ein Blick auf ein Präparat oder auf unsere Abbildung zeigt Ihnen, daß der Gyrus fornicatus sich in seinem hinteren Teile nach oben hin verbreitert und über die Hemisphärenkante hinweg direkt in den Lobus parietalis superior übergeht. Diese Verbreiterung heißt Praecuneus. Direkt vor dem Praecuneus liegt eine Rindenpartie, welche außen an beide Zentralwindungen anstößt und diese untereinander verbindet. Sie wird als Parazentrallappen bezeichnet.

Hinten erreicht der Praecuneus sein Ende an einer tief einschnei-

denden, immer etwas auf die Außenseite der Hemisphäre übergreifenden Furche, dem Sulcus parieto-occipitalis. Dieser Sulcus parieto-occipitalis greift manchmal sehr weit über die Innenfläche hinaus und verläuft als tiefe, senkrechte Furche, Sulcus perpendicularis ext., außen über die Hemisphäre. Das ist namentlich häufig bei Idiotengehirnen der Fall. An fast allen Affengehirnen beginnt in dem Sulc. par.-occip. (oder dicht hinter ihm, Ziehen und Kükenthal) eine breite Spalte, welche über den größeren Teil der lateralen Hirnoberfläche herabzieht und in sehr auffallender Weise den Scheitellappen von dem Schläfenlappen trennt (Affenspalte).

In den Sulcus parieto-occipitalis mündet in spitzem Winkel der Sulcus calcarinus. Diese Furche liegt in der medialen Wand des

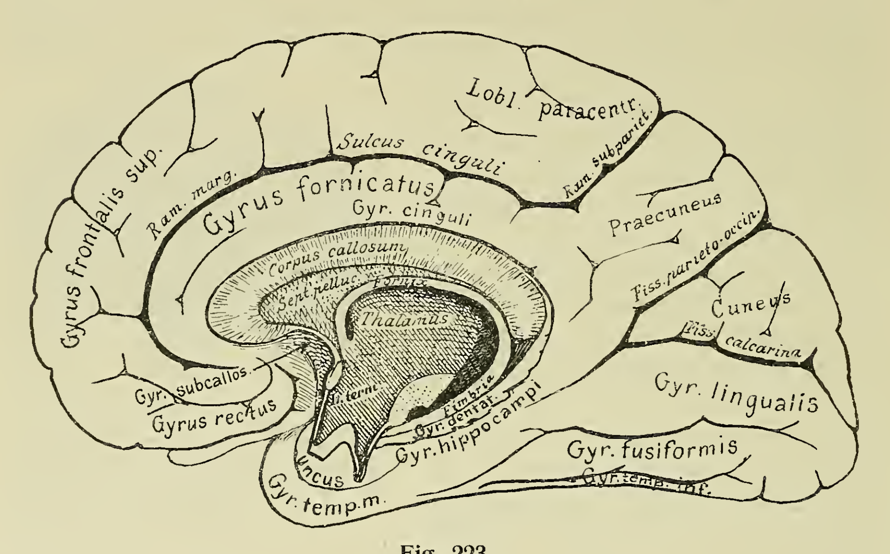


Fig. 223.

Längsschnitt durch die Mitte eines Gehirnes vom Erwachsenen. Der hintere Teil des Thalamus, die Hirnschenkel usw. sind abgetrennt, um die Innenseite des Schläfenlappens freizulegen.

früher genannten Hinterhorns des Seitenventrikels. Die durch sie eingestülpte Hirnwand markiert sich als länglicher Wulst in dem Hinterhorne. Dieser Wulst wird als Calcar avis bezeichnet. Der dreieckige, von den beiden letztgenannten Furchen eingeschlossene Rindenteil heißt Cuneus. Suchen Sie sich jetzt die Spitze desselben auf, so finden Sie oben oder auch mehr in der Tiefe einige kleine Übergangswindungen zum Ende des Gyrus fornicatus, der vorn an der Spitze des Keiles vorbeizieht. Behalten Sie diese ziemlich schmale Stelle, den Hilus des Gyrus fornicatus, im Auge. Hier liegen die Gyri callosi, einige kleine, zuerst von Andreas Retzius geschilderte, auch nach ihm benannte Windungszüge, die sich zum Teil unter das Balkenknie erstrecken, und dann setzt sich dieser ganze Windungszug als Gyrus hippocampi bis an die Spitze des Schläfenlappens fort, wo

er den lateralen Teil des „Uncus“ bildet. Von hinten mündet, wie Sie an der Figur gut sehen, ein kleiner länglicher Gyrus des Occipitallappens in den Gyrus hippocampi; er heißt Gyrus lingualis (zungenförmige Windung).

Eine Längsfurche, der Sulcus collateralis, trennt Gyrus hippocampi und Gyrus lingualis von dem weiter lateral liegenden Gyrus fusiformis. Diese Furche wird aber (Retzius) sehr häufig durch Übergangswindungen zum benachbarten Gyrus fusiformis und Gyrus lingualis unterbrochen. An seiner medialen Seite wird der Gyrus hippocampi durch eine tiefe und sehr konstante Furche eingestülpt, die Ammonsfurche, Fissura hippocampi. Sie scheint direkt den Gyrus von dem nächstfolgenden des Hemisphärenrandes, dem Gyrus dentatus, zu scheiden, denn ihr liegt, wie Fig. 223 gut zeigt, dicht jener Gyrus dentatus an. Schnitte lehren aber, daß die Rinde des Gyrus hippocampi tief durch jene Furche eingestülpt, innerhalb der Konkavität des Gyrus dentatus erst endet. Der Gyrus hippocampi hat also eine vom Gyrus dentatus verdeckte Partie, Pars tecta hippocampi, und eine frei an der Basis liegende, die wir, weil sie den Gebilden des Ammonshornes zur Stütze dient, als Pars subicularis bezeichnen wollen. Fig. 224 zeigt, daß beide Rindenpartien unmittelbar ineinander übergehen.

Die Pars subicularis bildet den Übergang des Archipalliums zu dem Neopallium. Sie setzt sich ganz direkt in die Windungen des Neopalliums, welche den Hirnrand umsäumen, fort. Elliot Smith hat vorgeschlagen, den ganzen Namen Gyrus hippocampi zu streichen und die Pars subicularis, die er dem Neopallium zurechnet, Gyrus paradentatus zu benennen.

Ein Blick auf Fig. 223, noch besser ein Studium der Fig. 207, belehren Sie, daß von dem Uncus des Schläfenlappens durch den Gyrus hippocampi und die Retziusschen Gyri hindurch ein ununterbrochener Windungszug in den Gyrus fornicatus führt, der dann erst frontal von dem Balken abwärts sich krümmend sein Ende findet. Diesen Zug bezeichnet man seit Broca als Randwindung. Er ist (Broca, Zuckerkandl), bei Tieren mit gut entwickeltem Riechapparate allemal stärker ausgebildet als beim Menschen und bei Tieren mit verkümmerten Olfactoriuszentren. Die Pathologie spricht übrigens nicht dafür, daß er dem Geruchapparat diene.

Betrachten wir nun die Teile, welche den innersten Hemisphärenrand bilden, etwas genauer. Sie stellen, wie Sie aus der vorigen Vorlesung wissen, mit dem basalen Riechlappen zusammen den ältesten Besitz des Hemisphäriums, das Archipallium dar, den Teil, zu welchem erst innerhalb der Säugerreihe wesentliche Mantelteile zugekommen sind, eben jene, mit deren Furchung usw. wir uns heute beschäftigten.

Die Rinde der Pars subicularis Gyri hippocampi wird also an ihrem medialen Rande durch die Fissura hippocampi eingestülpt. Sie endet dann frei und um dieses freie Ende legt sich in der Tiefe des Hirnmantels ein neuer kleiner Gyrus, der Gyrus dentatus. Hebt man den

Schläfenlappen auf, so kann man diesen langen, vielfach gekerbten Rindenzug in seiner ganzen Länge am inneren Rande des Schläfenlappens entlang ziehen sehen. Neben ihm liegt das Markweiß, welches hier — im Unterhorn des Seitenventrikels — frei wird. Es heißt Fimbria und setzt sich, wie Sie bereits wissen, frontalwärts in das Psalterium und schließlich in die Fornixsäulen fort. Manchmal zeigt der Gyrus dentatus noch eine Längsfurchung, so daß zwischen ihm und Fimbria noch eine kleine schmale Windung zu liegen scheint, die bis auf die Balkenoberfläche zu verfolgen ist. Von G. Retzius, der sie zuerst bei allen Säugern beschrieben hat, empfing sie den Namen Gyrus fasciolaris. Der Hemisphäreninnenrand ist also zunächst von der Fimbria umzogen, dann folgt weit lateral der Gyrus fasciolaris, dann der Gyrus dentatus, mit der Pars tecta des Gyrus hippocampi in seinem Inneren, der um die Fissura hippocampi herum in die Pars subicularis übergeht.



Fig. 224.

Frontalschnitt durch die Ammonsformation. Der Gyrus hippocampi durch die Fissura hippocampi eingestülpt, zerfällt in einen freien Teil, Pars subicularis und einen verdeckten. Um das Ende des letzteren legt sich der Gyrus dentatus. Ihr Markweiß bedeckt, in das Vorderhorn hineinragend, als Fimbria die ganze Ammonsformation.

Eröffnet man den Schläfenlappen von oben, so daß der Blick auf das Unterhorn des Seitenventrikels fällt, so erblickt man den Komplex, welchen Fimbria, Gyrus dentatus und der in sie eingeschlossene Gyrus hippocampi bilden, als langen, am Boden des Ventrikels in die Höhe ragenden Wulst. Dieser Wulst heißt Ammonshorn, Pes hippocampi major. Wir wollen die ihn zusammensetzenden, erst auf dem Schnitt Fig. 224 sichtbar werdenden Teile Ammonsformation nennen (Fig. 263 u. 264).

Beim Menschen liegt deshalb, weil der Balken sehr lang ist, das ganze Ammonshorn im Unterhorn des Schläfenlappens. Wo der Balken kürzer ist, wie z. B. beim Hunde, beim Kaninchen, wie überhaupt bei allen niederen Säugern, da ragt das Ammonshorn weiter dorsal und frontal, eben wieder bis zu dem Balkenende. Es wird also bei Frontalschnitten (Fig. 189, 193 u. 194) über dem Thalamus ebensowohl gefunden wie ventral von ihm.

Die Ammonsformation hört übrigens auch beim Menschen nicht ganz am Balkenende auf, sie legt sich vielmehr als dünner zweigeteilter Streif, also als atrophische Rinde und Faserung, dorsal auf den Balken. Das sind die Striae longitudinales Lancisii (Fig. 34), deren Entstehung Fig. 205 gut zeigt. Sie sind im wesentlichen die Fortsetzung des Gyrus fasciolaris (Retzius) und der Fascia dentata (Fig. 223).

Gewöhnlich kann man jederseits zwei solcher Streifen auf dem Balken unterscheiden. Der medialere ist dünn und nicht konstant, der laterale — Taenia tecta d. Aut. und Fig. 34 Tt. — kann bis in den der Dentatusformation angehörigen Gyrus fasciolaris verfolgt werden.

An unserem Sagittalschnitt durch die Hemisphären wollen wir noch etwas näher die Spitze des Schläfenlappens studieren. Wir sehen, daß hier die Ammonswindung und der ihr medial anliegende Gyrus dentatus hakenförmig rückwärts biegen. Dadurch entsteht dort der Uncus (Fig. 225). Biegt man ihn um, so daß man seine Innenseite besser sieht, so erkennt man leicht die Höcker, welche jeder der in ihn eingehenden Teile erzeugt.

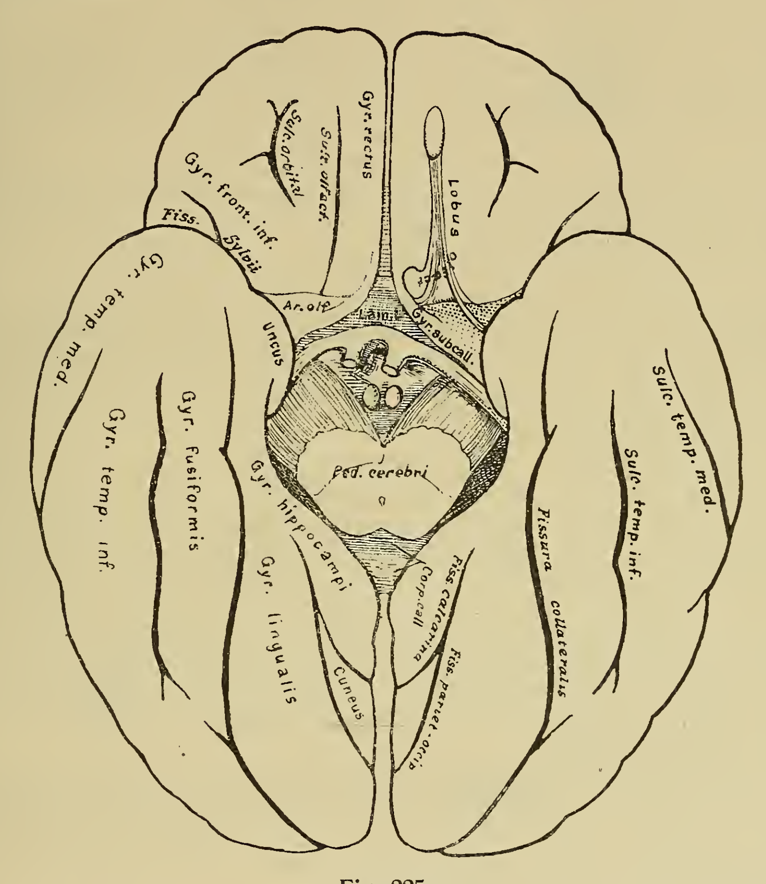


Fig. 225.
Die Windungen an der Hirnbasis (schematisiert). Das Chiasma zurückgeschlagen.

Eine feine Furche, an Fig. 225 nicht sichtbar, aber direkt unter dem Worte Uncus gelegen, ist beim Menschen der letzte Rest der bei osmatischen Tieren so mächtigen Fissura limbica. Das Gebiet direkt medial von ihr, also in Fortsetzung unserer Ammonswindung, ist, wie Elliot Smith gezeigt hat, der atrophisch gewordene Rest des bei jenen Säugern so mächtigen Lobus pyriformis. Es erstreckt sich denn auch, was auf Fig. 223 nicht zu sehen ist, weil die Schlußplatte usw. erhalten blieb, direkt in den atrophischen Riechlappen fort.

Wir legen jetzt unsere Hemisphären so, daß die Basis uns sichtbar wird.

An der Basis des Gehirnes finden sich außer der Fissura hippocampi, die eigentlich der Innenseite angehört, nur noch wenige wichtige Furchen. An der Unterfläche der Stirnlappen liegen die Sulci orbitales und olfactorii. Die Windungen zwischen ihnen werden als Fortsetzung der Stirnwindungen mit dem Namen der betreffenden an sie grenzenden Windung bezeichnet.

Der Lobus olfactorius ist beim Menschen zu einem dünnen Gebilde atrophiert, das frontal durch den Bulbus und kaudal durch einige unregelmäßige und nicht immer vorhandene Höckerchen etwas anschwillt. Die aus dem Bulbus stammenden Striae olfactoriae überziehen den dünnen Lappen als 2—3 weiße Streifen. Der mediale endet zum Teil in jenen kleinen Lobusresten, zum anderen auch in der Area olfactoria, dem Reste des Tuberculum olfactorium der Tiere. Die lateralen ziehen über diese Area und die mit ihr verschmolzene Substantia perforata anterior hinweg, um bedeckt vom Uncus in dem vorhin erwähnten Reste des Lobus pyriformis zu enden, welcher hier an der Spitze des Schläfenlappens von dem mächtig entwickelten Neopallium bedeckt ist. Aus der Area olfactoria entwickelt sich ein beiderseits von der Lamina terminalis zum Septum pellucidum emporsteigender Faserzug. Von grauer Substanz zum Teil bedeckt, wird er als Gyrus subcallosus bezeichnet.

Schläfenlappen und Hinterhauptlappen lassen sich an der Basis nicht voneinander trennen. Längsgerichtete Furchen in geringer Zahl durchziehen das gemeinsame, im wesentlichen dem Temporallappen zugerechnete Gebiet. Die mittlere Temporalwindung reicht nur zu geringem Teil nach der Basis; was sichtbar ist, gehört fast ganz der unteren — dritten — Schläfenwindung an. Diese wird durch eine fast immer mehrgeteilte und ziemlich flache Furche, den Sulcus temporalis inferior, abgeschieden von einem langen, spindelförmigen Windungszuge, der, immer gut nachweisbar, als Gyrus fusiformis bezeichnet wird und bereits erwähnt wurde.

Man kann die Hirnfurchen besonders leicht dem Gedächtnisse einprägen, wenn man sie, statt am reifen Gehirne, einmal am werdenden Organe studiert. Dabei ergeben sich noch als Nebengewinn einige morphologisch sehr interessante Dinge.

Betrachtet man das ganz frühe Gehirn, welches Fig. 222 abgebildet ist, so erkennt man, daß längs dem größeren Teile des Innenrandes, an der Stelle, wo die Vorderhirnwand in die dünne, nur aus Epithel bestehende Deckplatte übergeht, eine Furche läuft, deren beide Wände eben von jener Epithelplatte gebildet werden. Diese Furche hat His als Fissura chorioidea bezeichnet. Sie wird im spätern Leben von den hier einwachsenden Gefäßen ausgefüllt und ist dann, weil ihre Wände den Überzug des Plexus chorioideus bilden, nicht mehr nachweisbar.

Das Mantelgebiet dorsal von der Fissura chorioidea wird später zur Randwindung. Nach Angabe der früheren Autoren grenzt es sich schon sehr früh,

beim Menschen im 2.—3. Monate durch seine Bogenfurche vom übrigen Hirnmantel ab, Hochstetter hat aber gezeigt, daß diese Furche am frischen Gehirne gar nicht vorhanden ist. Nur bei Kaninchenembryonen fand er in der Tat eine echte Fissura arcuata. Auch andere, meist radiär gestellte Furchen an der Innen- und Außenseite embryonaler Gehirne, die man früher als „transitorische Furchen“ bezeichnete, weil sie nicht in die dauernde Furchung übergehen, sind nach diesem Autor bei ganz frischen Embryonen nicht zu finden.

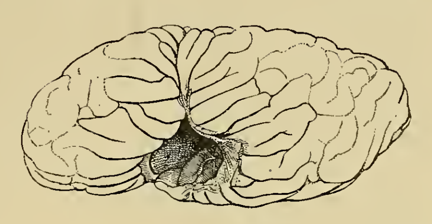


Fig. 226.
Große Narbe an der Außenseite eines Großhirnes nach Ziegler. Alle Windungen konvergieren nach dem Punkte, wo sich das Gehirn nicht ausdehnen konnte.

Gegen Ende des fünften Monates beginnt die Entwicklung der Furchen, welche wir vorhin vom reifen Gehirne kennen gelernt haben. Die Sylvische Grube, deren Entstehen früher dargelegt wurde, wird enger, die Hirnwand um sie herum wächst und hängt bald von allen Seiten über sie hinab. Die Insel fängt an in der Tiefe zu verschwinden, die Ränder der Grube nähern sich mehr und mehr, und gegen Ende des Fötallebens berühren sie sich; die Fissura Sylvii mit ihren Ästen vermittelt allein noch den Zugang in die einstmals breit offene Grube über der Insula Reilii.

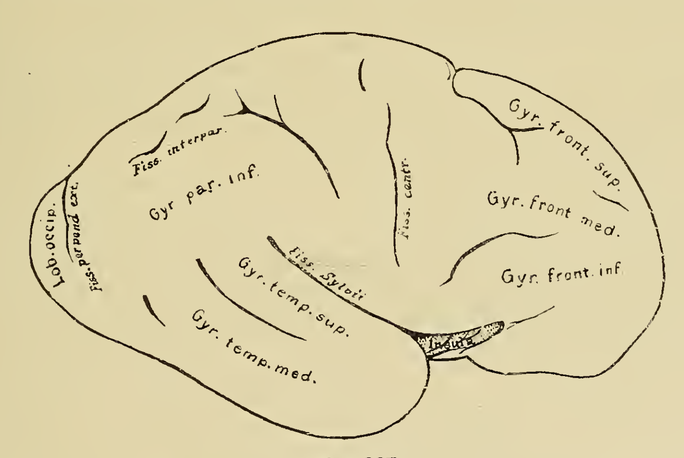


Fig. 227.
Gehirn aus dem Ende des siebenten Monats.

Es ist schon früher erwähnt worden, wie die Sylvische Grube wesentlich dadurch entsteht, daß der Stammteil des Gehirnes festliegt, während sich um ihn herum der Mantel ausdehnen kann. Dieser Umstand ist natürlich auch für die Anlage vieler Furchen wichtig. Entsteht etwa statt der Sylvischen Grube an gleicher Stelle ein Krankheitsherd, so können alle anderen Furchen zu ihm konvergieren und so das Abhängigkeitsverhältnis besonders klar zeigen.

Schon am Ende des fünften Monates ist dorsal von der Sylvischen Grube die Anlage der Zentralfurche aufgetreten.

Allmählich, im Laufe des sechsten und siebenten Monates gesellen sich nun zu diesen wenigen Furchen alle anderen. Aber sie sind noch so wenig verzweigt, noch so einfach angelegt, daß ein Blick auf das Fötalgehirn vom Ausgange des siebenten Monates, welches ich hier vorlege, genügt, um mit einem Male die wichtigsten Teile der Hirnfurchung zu übersehen. Es ist wie ein Schema der Hirnfurchen, was hier vor uns liegt. Die Zentralwindungen vor und hinter der Zentralfurche, die drei Stirnwindungen, noch recht unvollkommen voneinander getrennt, der obere und der untere Teil des Scheitellappens, zwischen denen die drei Komponenten der Fissura interparietalis sichtbar sind, und schließlich der dreigeteilte Schläfenlappen, das alles springt hervor und ermöglicht Ihnen — einmal gut begriffen — sehr leicht ein Zurechtfinden später am reifen Gehirne.

Das hohe Interesse, welches man der Ausbildung der Hirnfurchen schenkt, ist aber nicht durch das rein Morphologische bedingt. Seit man überhaupt das Gehirn wissenschaftlich studiert, hat man die Frage zu beantworten gesucht, ob etwa in der Ausdehnung der Großhirnoberfläche sich die geistige Bedeutung ihres Trägers irgendwie wiederspiegele. Gall schon glaubte sich berechtigt, den Satz aufzustellen, daß geistig besonders hochstehende Menschen ein größeres und windungsreicheres Großhirn hätten als andere, und daß vorwiegend die Stirnlappen bei den ersteren besser entwickelt seien.

Hier handelte es sich aber mehr um einen allgemeinen Eindruck als um das Ergebnis exakt messender und vergleichender Beobachtung. Wirklich ernste Studien in dieser Richtung datieren erst von dem Tage an, wo Rudolf Wagner 1860 der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften den Bericht über die Untersuchungen vorlegte, welche er an dem Gehirne des berühmten Mathematikers Gauß und an einigen anderen Gehirnen von Gelehrten und Denkern angestellt hatte. Seitdem sind wir in den Besitz einer sehr großen Anzahl von Windungsschilderungen gekommen.

Es gibt kaum eine Furche, kaum eine Windung, die nicht schon eine eigene kleine Literatur aufzuweisen hätte. Von allen sind die typischen Verlaufsverhältnisse und eine gewisse Anzahl von Variationsmöglichkeiten gut bekannt. Wir besitzen Schilderungen der Hirnoberfläche nicht nur von Europäern, sondern auch von Angehörigen vieler fremder Völker; die anthropoiden Affen sind zum Gegenstande sehr zahlreicher Arbeiten gemacht, und auch den anderen Affen ist ein sehr eifriges Studium von vielen Seiten gewidmet worden. Wir kennen für den Menschen und für viele Affen auch die Entwickelung der Windungen nun ganz genau. Bei diesen Studien hat sich herausgestellt (Cunningham), daß keineswegs bei allen Individuen die embryonalen Furchen und Windungen gleichzeitig auftreten oder auch nur gleiche Konfiguration haben, wenn sie einmal deutlich vorhanden sind. Diese Tatsache ist deshalb sehr wichtig, weil sie den Beweis enthält, daß die Hirnrinde, der Träger der höheren Seelentätigkeit, schon in der Anlage für verschiedene Individuen verschieden ausgedehnt ist.

Wenn ich Ihnen nun bei der Schilderung der Hirnwindungen des erwachsenen Menschen gar keine Mitteilung von allen diesen zahlreichen Untersuchungen gemacht habe, welche uns die Variationen kennen lehrten, denen die einzelnen Windungen unterworfen sind, so geschah es, weil diese Dinge einstweilen einfach nur zu registrierenund noch in keinerlei Zusammenhang mit der Ausbildung der einzelnen seelischen Fakultäten zu bringen sind. Denn es fehlt noch ganz an Hirnuntersuchungen, welche gleichzeitig mit der Windungsausbildung das

gesamte geistige Wesen eines einzelnen Individuums berücksichtigen. Selbst jetzt, wo zahlreiche fleißige Arbeiten endlich eine gewisse Übersicht geschaffen haben, wird man an derlei noch kaum herangehen können. Aber man wird jetzt schon versuchen müssen, für die bekannt lokalisierbaren Fähigkeiten die entsprechende Rindenentwicklung zu untersuchen. Es wird dann hoffentlich einmal die Zeit kommen, wo man Windungen nicht mehr einfach als solche, sondern nur in Zusammenhang mit den Fragen, welche die Entwickelung jedesmal im Einzelfalle aufwerfen läßt, beschreibt. Von den Trägern fast aller bisher beschriebenen und abgebildeten Gehirne wissen wir gar nichts. So scheint mir ein sehr großer Teil des angesammelten Materials zunächst und wohl auch später als völlig unverwertbar für die Frage, von der man ausging, für das Aufdecken von Beziehungen zwischen der Hirnform und der geistigen Stellung des Trägers.

Nun hat man zwar auch versucht, durch Wägung die Frage zu entscheiden, ob der größeren Intelligenz etwa ein größeres Gehirn entspräche. Tausende und Abertausende solcher Wägungen sind gemacht worden, aber auch das große Material, welches hier gewonnen worden ist, birgt nur sehr geringen Wert in sich. Zunächst ist in vielen Fällen schon die Körpergröße unberücksichtigt geblieben. Diese aber nimmt nach ganz anderen Verhältnissen zu als das Gehirn; immerhin besteht doch zwischen beiden Größen ein gewisser Zusammenhang. Dann aber, und das scheint mir als das Wichtigste, ist die Ausbildung des Großhirnes als Ganzes gar nicht zu einem Maße der Gesamtintelligenz brauchbar. Es ist ein Gewinn erst des letzten Jahrzehntes, daß wir gelernt haben, daß verschiedene Gehirne ganz verschiedene Entwickelung ihrer Einzelterritorien haben können. Noch aber können wir diese Rindenterritorien nicht so voneinander abscheiden, daß man siemorphologisch oder wägend vergleichen könnte. Das Hirngewicht schwankt für die Mehrzahl der Männer zwischen 1300 und 1450 Gramm, für Frauen ist es um ein weniges geringer. Nun kommen ungewöhnlich schwere Gehirne gelegentlich bei geistig nicht besonders hoch Entwickelten vor, und umgekehrt hat man bei Menschen, die sehr hervorragend waren, relativ niedere Gewichte gefunden. Wir aber sind gewöhnt, die geistige Bedeutung eines Menschen nicht nach ihrer Gesamtheit, die ja nicht prüfbar ist, sondern zumeist nach irgend besonders hervorragenden Eigenschaften zu messen, welche dem Individuum Ansehen, Stellung usw. gaben. Solche Eigenschaften können sehr wohl auf besondere Zunahme eines einzelnen Rindengebietes zurückführbar sein, ohne daß dies gerade in dem Gesamthabitus der Windungen oder in der Wägung sich ausdrückt. Es könnte jemand mit enormem Sehgedächtnisse, Sehphantasie usw. versehen und mit aller geistigen Begabung, die den großen Maler kennzeichnet, eine geradezu einzige Stellung einnehmen, und doch würde die Vergrößerung des Occipitallappens, oder nehmen wir einen Musiker, wo wahrscheinlich der Schläfenlappen in Betracht käme, des Schläfenlappens also, bei einer Wägung dann keine wesentliche Abweichung vom Durchschnittsgewichte erzeugen, wenn etwa andere Zentren auch nur um ein Geringes weniger entwickelt wären. Ein großer Redner, ein energischer Mann und ein genialer Führer muß nicht geradezu ein größeres Hirn besitzen. Jene Eigenschaften können sehr wohl auf ganz kleine lokale Vergrößerungen einzelner Rindenfelder basiert sein. Gambettas Gehirn z. B., von dem wir die Sprachgegend schon als ungewöhnlich entwickelt bezeichnen konnten, s. o., wog kaum mehr als der Durchschnitt kleinerer Gehirne. An dem Helmholtzschen Gehirne, das Hansemann und ich, unabhängig voneinander untersucht haben, findet sich die Gegend des Praecuneus, aber, worauf auch Flechsig hinwies, die Gegend um den Gyrus angularis herum ungewöhnlich windungsreich. Die letztere entspricht

dem kaudalen Ende der Hörsphäre, über die Bedeutung des Praecuneus fehlen ausreichende pathologisch anatomisch gewonnene Erfahrungen. Anatomisch gehört er — Flechsig — zu den Hirnteilen mit vorwiegend ausgebildetem Assoziationsapparat.

Wir wissen noch so wenig über die Rindenfelder, daß man im allgemeinen heute kaum mehr sagen kann, als daß häufig gerade besondere Entwickelung der Stirnlappen mit hohen geistigen Eigenschaften einhergeht, und daß bei abnorm kleinen Stirnlappen verhältnismäßig häufig unzureichende Begabung, ja Idiotie, gefunden wird. Was noch völlig fehlt und heute auch noch gar nicht realisierbar ist, das ist eine Wägung getrennter Rindenterritorien. Sie werden es bei diesem Stande der Dinge begreiflich finden, wenn ich Ihnen von den Gewichtsverhältnissen des Zentralnervensystemes heute nichts Näheres mitteile.

Meinem † Freunde Perls ist zuerst aufgefallen, daß eine verhältnismäßig große Anzahl geistig bedeutender Menschen nach dem Gesichtstypus den Eindruck machen, als wäre bei ihnen in früher Jugend ein Hydrocephalus abgeheilt. Er äußerte die Vermutung, daß, wenn ein mäßiger Hydrocephalus in Rückbildung übergehe, dem Gehirnwachstum durch den einmal erweiterten Schädel ein verhältnismäßig geringerer Widerstand entstehen werde. Ich habe diese mündliche Anregung später verfolgt und in einer nicht ganz kleinen Anzahl von Fällen Belege für ihre Richtigkeit gefunden. Beispielsweise zeigte Rubinsteins gewaltiger Schädel bei der Sektion nach Zeitungsberichten ganz deutliche Zeichen alter Rachitis, und von Cuvier wissen wir sogar, daß er, der ein ungewöhnich schweres Gehirn hatte, in der Jugend hydrocephalisch gewesen war. Ebenso war Helmholtz in seiner Jugend leicht hydrocephalisch.

Wer ein gutes Porträtwerk durchstudiert, dem werden, wenn er mit mir der Perlsschen Anregung folgen will, zahlreiche Stirnen von offenbar hydrocephalischem Habitus gerade bei geistig besonders bedeutenden Menschen begegnen. Natürlich sind nicht alle geistig hochstehenden Menschen abgeheilte Hydrocephalen, so wenig, wie jeder abheilende Hydrocephalus bessere Entwickelung des Gehirnes zur Folge haben muß.

Die Hirnfurchung des Menschen ist wissenschaftlich zuerst durch Bischoff und Ecker, dann durch Pansch eingehend bearbeitet worden. Auf deren Arbeiten fußend sind später zahlreiche eingehendere Darstellungen erschienen, von denen als die umfassendsten die von Cunningham und G. Retzius zu nennen sind. Wir besitzen hier bereits eine so große Literatur, daß fast jede Furche, jeder Hirnlappen monographisch geschildert ist. Neuerdings wächst auch das Material, welches Gehirne einzelner Rassen oder auch einzelner bekannter Individuen darstellt.

Zwanzigste Vorlesung.

Die Rinde des Vorderhirns.

M. H.! Sie haben nun einen allgemeinen Überblick über die äußeren Formverhältnisse des Gehirnes bekommen. Die heutige Stunde soll Sie näher bekannt machen mit dem Baue der Hirnrinde. Es unterliegt kaum noch einem Zweifel, daß wir das Ganze der Hirnrinde als den Ort ansehen dürfen, wo sich die meisten derjenigen seelischen Prozesse abspielen, die uns zu klarem Bewußtsein kommen.

Wir kennen den feineren Aufbau der Rinde nur erst in seinen Elementen. Noch fehlt uns das Wissen von den Verbindungen dieser Ele-

mente untereinander und damit leider noch das eigentliche Verständnis für die anatomische Grundlage des großen Seelenorgans.

Die ganze Hemisphäre ist von der Rinde überzogen. Dieselbe hat an der Konvexität nicht überall genau den gleichen Bau. Wenn auch eine Art Grundtypus existiert, so lassen sich doch je nach der Hirnregion, die man untersucht, geringere oder größere Differenzen an den Schichten auffinden, in welche die Ganglienzellen und Nervenfasern der Rinde angeordnet sind. Nie geht ein Rindentypus plötzlich in einen anderen über. Da aber diese anatomischen Verschiedenheiten in ihrer Bedeutung noch ganz unverstanden dastehen, so wollen wir uns heute nur die Rinde einer Region, des Stirnlappens, dicht an der vorderen Zentralwindung, betrachten. Dort liegt dicht unter der Pia, noch bedeckt von einer dickeren Neuroglialage, ein dichtes Flechtwerk von meist parallel zur Oberfläche dahinziehenden feinen, markhaltigen Fasern —*1* der umstehenden Figuren, Schicht der Tangentialfasern. Ihr sind Zellen in relativ geringer Menge eingelagert. Direkt unter ihr aber beginnt die Schicht der eigentlich für die Rinde typischen Pyramidenzellen, zunächst mit einer sehr zellreichen Lage kleinerer Gebilde *2*, die dann aber in *3*, die Schicht der mittleren und darunter der großen Rindenpyramiden übergeht. Alle diese senden nach der Oberfläche und nach verschiedenen Seiten ihre Dendriten als Spitzenfortsatz, Lateralfortsätze usw. und zumeist nach der Tiefe des Marklagers ihren Achsenzylinder. Die Schicht der großen Pyramidenzellen ist im Stirn- und Scheitellappen die breiteste der Rinde. Die einzelnen Zellen sind um so größer, ihr Spitzenfortsatz um so länger, je tiefer die Zelle von der Oberfläche abliegt. Die vierte, unter den Pyramiden liegende Zelllage besteht wieder aus kleineren, nicht regelmäßig liegenden Zellen. Sie sind eingeklemmt zwischen der Masse in die Rinde eindringender Markfaserstrahlungen. Vielleicht ist es zweckmäßig, mit Brodmann diese Lage noch in drei übereinander liegende Schichten zu teilen, eine hauptsächlich aus „Körnern" bestehende Lamina granularis, eine Schicht mit relativ großen Pyramidenzellen, Lamina ganglionaris, und eine ebensolche mit unregelmäßigen, dreieckigen und spindelförmigen Zellen. Diese Einteilung, die vielleicht für Zelluntersuchungen pathologischer Rinde ihre Vorteile hat, ist auf der linken Seite der Fig. 228 angegeben.

Außer den erwähnten Pyramidenzellen gibt es noch in der Rinde eine große Masse kleinerer, in allen Höhen verteilt liegender, polygonaler Zellen, deren Achsenzylinder sich ungemein rasch völlig aufzweigt. Auf Fig. 228 erscheinen diese Zellen als viele helle, überall in der Umgebung der Pyramiden liegende polygonale Gebilde.

In der zweiten Vorlesung habe ich Ihnen bereits zwei Rindenpyramiden vom Menschen demonstriert (Fig. 8), an denen Sie erkennen konnten, daß auf dem Wege der Dendritenfortsätze massenhafte Fibrillen in die Zelle dringen, die auf gleichem Wege oder durch den Achsen-

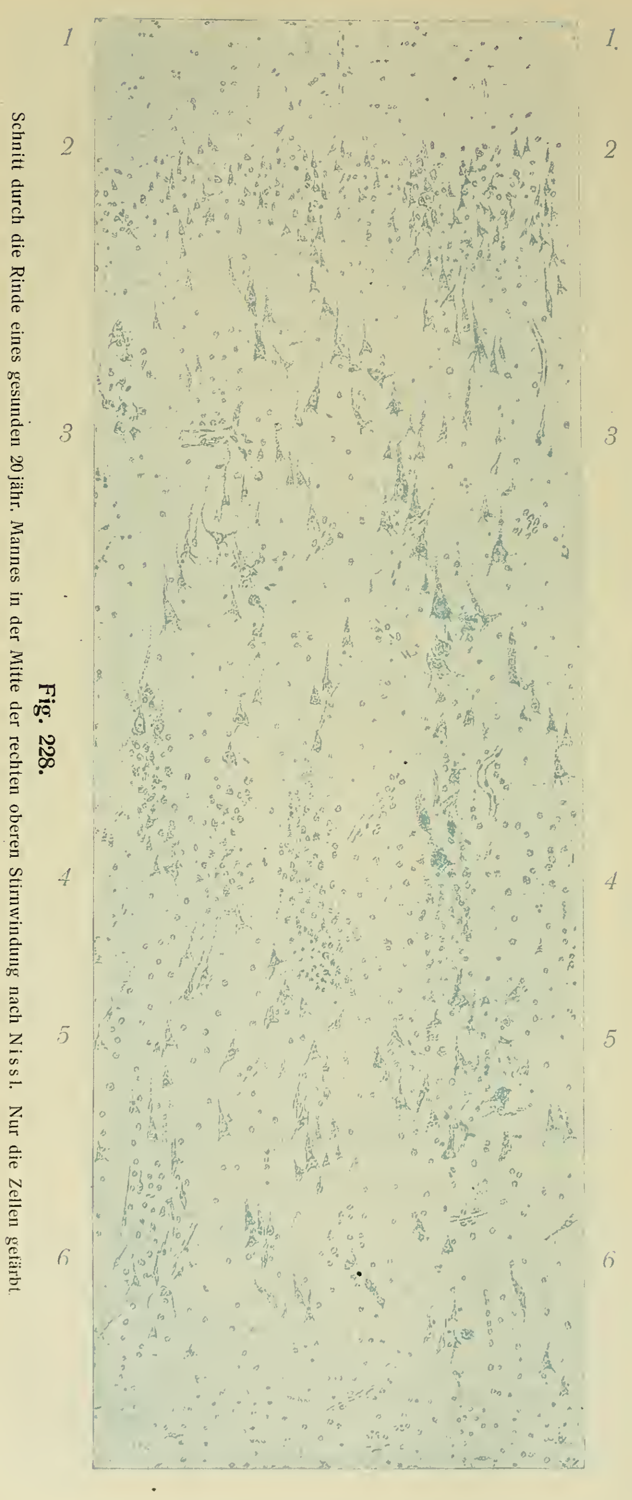


Fig. 228.
Schnitt durch die Rinde eines gesunden 20jähr. Mannes in der Mitte der rechten oberen Stirnwindung nach Nissl. Nur die Zellen gefärbt.

zylinder sie wieder verlassen. Nach den Untersuchungen von S. Ramon y Cajal sind fast alle großen Pyramiden von einem außerordentlich feinen Netzwerk umsponnen, das aus einem oder mehreren Nervenfasern stammt. Vielleicht ist es ein Teil dieses Netzwerkes, der den Raum erfüllt, der, zwischen den Rindenzellen liegend, nicht durch Fasern oder Glia allein ausgefüllt ist. In diesem Teile des Rindengraues verzweigen sich möglicherweise die Fibrillen, welche aus den Rindenzellen austreten. Bei dem Kaninchen ist dieses interzelluläre Grau nach Nissl in sehr viel kleinerem Masse vorhanden als beim Hunde und bei diesem ist es längst nicht so stark entwickelt wie beim Menschen. Nissl, welcher tunlichst gleichartige Rindenstellen auf diesen Punkt hin verglichen hat, kam zu der Meinung, daß jenes bis jetzt noch nicht demonstrierte, aber durch den Fibrillen-

austritt ihm sehr wahrscheinliche Faserwerk für die Funktion der Rinde besonders wichtig sein müsse.

Wieder ein anderes Bild zeigt die Hirnrinde, wenn man nicht ihre Zellen, sondern ihre markhaltigen Fasern färbt. Auf der linken Seite der Figur 229 sind nach der Golgimethode einige Zellen mit ihren Ausläufern gefärbt, aus der rechten habe ich — wieder aus dem Stirnlappen, Gegend der vorderen Zentralwindung — ein Stück mit der Weigertmethode gefärbt abgebildet. An der Basis, dem Teile, der in die weiße Substanz übergeht, treten die Markstrahlen in die Rinde oder aus ihr heraus. Sie zerfallen in zahlreiche feine Züge, und diese lösen sich allmählich in weiter außen liegenden Lagen auf, resp. treten in Verbindung mit den Achsenzylindern der Zellen. Sie sehen außer diesen Zügen noch zahlreiche andere markhaltige Nervenfasern in der Rinde.

Die unzähligen Achsenzylinder mit ihren Verzweigungen, die Seitenästchen, welche sie aussenden, dann die zahlreichen, von anderen Stellen des Gehirnes in die Rinde eintretenden Fasern, sie alle zusammen bilden natürlich ein außerordentlich dichtes Gewirr. Es zu entwirren, war durch den glücklichen Umstand möglich, daß die Golgische Methode zumeist in dem gleichen Präparate immer nur relativ wenige Zellen schwärzt. Die gleichen Fasergewirre, wie sie in Fig. 229 Ihnen die Markscheidenfärbung zeigt, lassen sich mit der Zellfärbung demonstrieren, nur sind sie im letzteren Falle noch viel dichter. Es scheint, daß die Achsenzylinder der allermeisten Zellen in der Hirnrinde, ebenso die Kollateralen, welche aus den Achsen-

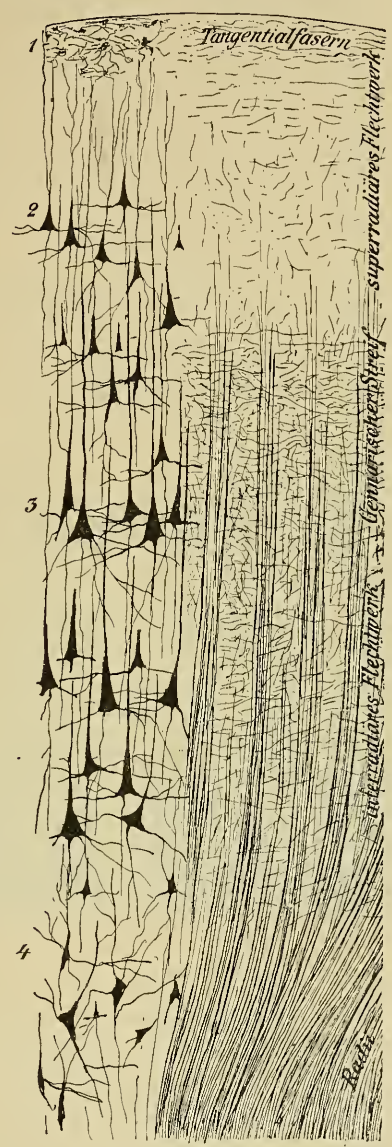


Fig. 229.

Schema eines Schnittes durch die Rinde einer Stirnwindung. Rechts nach einem mit Weigertschem Hämatoxylin gefärbten Präparate, links nach Präparaten, die nach Golgi mit Sublimat behandelt waren. Rechts sind nur die Fasern, links nur die Zellen deutlich. Der letzteren sind mehr vorhanden, als gezeichnet wurden. Da sich bei der Golgischen Methode auch Hohlräume um Zellen und Ausläufer erfüllen, so erscheinen die Zellen größer als sie wirklich sind.

zylindern der Pyramiden entspringen, eine Markscheide besitzen. Solange wir alle diese Fasern ihrem Wesen nach noch nicht richtig benennen können, wird es behufs Verständigung, bei pathologisch-anatomischen Untersuchungen z. B., zweckmäßig sein, provisorische Namen für sie einzuführen. Wir wollen unterscheiden s. Fig. 229: 1. Radii, Markstrahlen, 2. interradiäres Flechtwerk, zumeist aus zur Oberfläche parallelen Fasern bestehend, 3. superradiäres Faserwerk und 4. Tangentialfasern. An der Grenze zwischen dem superradiären und dem interradiären Flechtwerke verdichtet sich das letztere besonders stark. Diese überall auch mit bloßem Auge als weißer Streif sichtbare Schicht ist namentlich im Bereiche des Cuneus so dicht, daß sie dort besonders leicht erkannt wird. Man bezeichnet sie als Gennarischen Streif oder nach ihrem späteren Wiederbeschreiber meist als Baillargerschen, speziell im Cuneus als Vicq d'Azyrschen Streifen. Doch liegt im Occipitallappen der Streif etwas tiefer in der dritten Schicht, näher der vierten, nicht so hoch oben, wie er in Fig. 229 für den Stirnlappen abgebildet ist.

Die Markscheiden im superradiären Flechtwerke entstammen wohl zumeist den in die Rinde ausstrahlenden Fasern. Sehr fraglich ist, ob die Zellen mit verzweigtem Achsenzylinder markscheidenhaltige Ausläufer haben. Der Gennarische Streif wird ganz von Seitenzweigen aus Pyramidenachsenzylindern gebildet. Das interradiäre Flechtwerk besteht ebenfalls aus Achsenzylinderkollateralen gleicher Herkunft, vielleicht auch aus dem Geäste der Zellen mit verzweigtem Achsenzylinder.

Man darf nun nicht erwarten, daß man alle diese Streifen usw. immer wohl ausgebildet finde. Abgesehen davon, daß sie je nach der Rindenzone verschieden stark entwickelt sind, ergeben auch entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen, daß ganz erhebliche Unterschiede je nach dem Alter bestehen können. Wahrscheinlich wird sich, wenn wir nur erst einmal für alle Rindenteile und für alle Altersstufen einen gewissen Typus kennen, auch herausstellen, daß bestimmte Beziehungen zwischen der Intelligenz und dem Faserreichtume in der Rinde bestehen.

Viel in dieser Beziehung versprechend sind die Entdeckungen von Kaes. Dieser konnte nämlich durch zahlreiche genaue Messungen nachweisen, daß die Hirnrinde noch weithin, bis in das 40. Lebensjahr und länger, an Faserreichtum zunimmt. Ganz besonders kommen in Betracht Züge, die innerhalb des basalen Abschnittes der Markstrahlen in zur Oberfläche paralleler Richtung einherziehen, Fibrae arcuatae intracorticales, und dann Faserzüge, welche, innerhalb des superradiären Flechtwerkes liegend, sich dicht an die Tangentialfaserschicht anschließen. Hier kommt es in einigen Rindenpartien noch sehr spät zur Markumscheidung, so daß allmählich ein sehr großer Teil der Rinde unter der Tangentialfaserschicht von feinen Fäserchen durchquert wird. Dazu gesellen sich noch dickere Markfasern, die man im Laufe der Jahre ganz allmählich aus den Schichten, welche dem Marke zunächst liegen, nach der Rindenoberfläche hin sich verbreiten sieht. Es sind wohl die zum Teile recht starken Fasern dieses Plexus, welche Bechterew beschrieben, und von denen er einen eigenen, dicht unter den Tangentialfasern liegenden

Streif — „Bechterewscher Streif“ — gebildet sah. Fig. 230, die ich der Freundlichkeit von Dr. Kaes verdanke, läßt den verschiedenen Typus der Rinde an verschiedenen Stellen und zu verschiedener Lebenszeit gut erkennen.

Soweit man bis jetzt sehen kann, sind das alles neue Assoziationsbahnen oder doch solche, die, spät erst in Gebrauch genommen, sich mit Mark umkleiden. Vielleicht auch handelt es sich nur um Kollateralen, die mit der größeren Inanspruchnahme durch vermehrte Assoziationen erst nun ihre völlige Ausbildung bis zur Markscheidenumkleidung erhalten. Wir wissen, daß auch in anderen Geweben durch eine vermehrte Inanspruchnahme der Elemente Steigerung ihres Wachstums eintreten kann. So hätte der gleiche Vorgang in der Hirnrinde nichts, was von den bekannten Naturvorgängen ab-

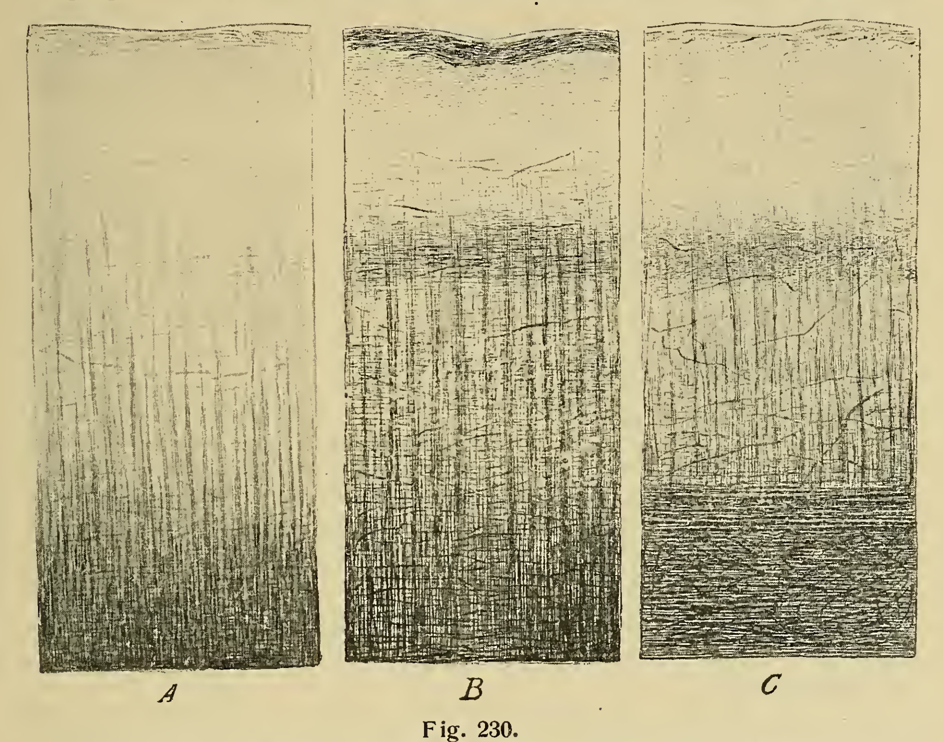


Fig. 230.

Drei Schnitte durch die Rinde der vorderen Zentralwindung nach Kaes. *A* von einem 1¼ Jahre alten Kinde. *B* von einem 30jähr. Manne. *C* von einem Manne von 53 Jahren. Markscheidenfärbung. Kontrollpräparate haben gezeigt, daß die Differenzen wesentlich durch das Alter bedingt sind, doch kann die Möglichkeit, daß verschiedene Einübung des betreffenden Rindengebietes in etwas zur Differenz beiträgt, nicht von der Hand gewiesen werden.

wiche. Man kann sich wohl vorstellen, daß der Mensch sich durch zerebrale Arbeit neue Bahnen in diesem Sinne schafft, daß der vermehrten Leistungsfähigkeit, der Übung des Gehirnes als anatomisches Substrat die Neubildung oder Verstärkung vorhandener Bahnen entspräche.

Es erhebt sich nun die Frage: Lassen sich die verschiedenen Bilder aus der Hirnrinde heute irgendwie zu einem einheitlichen Bilde zusammenfassen, sehen wir irgendwie klar, wie und wo Zellen und Fasern zueinander in Beziehung treten? Wird uns irgendwie heute der Rinden-

apparat verstehbar? Den Anspruch, hier voranzuführen, erhebt eine dritte technische Methode, die Silbermethode Golgis. Sie hat schon bei Bekanntwerden der ersten Präparate 1884 einen ungeahnten Reichtum an Zellfortsätzen enthüllt und seitdem haben viele Gelehrte, Golgi selbst, Martinotti, Retzius, Kölliker und ganz besonders Ramon y Cajal eifrig voranarbeitend eine große Summe Einzelfakta aufgedeckt, die vielleicht ein Gesamtbild zu zeichnen gestatten. Allerdings sind die meisten Fakta an der Hirnrinde kleiner Säuger erkannt, und nur für wenige ist auch beim Menschen die Bestätigung gefunden. So bleibt noch viel Arbeit zu tun übrig. Was aber bekannt wurde, bringt uns einen so guten Schritt vorwärts, daß ich es Ihnen mitteilen muß. Ich habe hier, um meine Beschreibung kurz fassen zu können, auf einer einzigen Abbildung die wichtigsten Funde kombiniert dargestellt (Fig. 231).

Die äußerste Schicht enthält zahllose, zumeist in tangentialer Richtung verlaufende Nervenfasern. Diese stammen aus Ganglienzellen *a, b, c,* welche alle mehrere Achsenzylinder besitzen, und aus kleinen, spindelförmigen Zellen *d*, einer tiefer liegenden Schicht. In diese äußerste Zone aber treten noch zweierlei Elemente ein; dicke, zum größten Teile von Markscheiden umgebene Fasern *e,* welche aus dem Marklager in die Rinde tre en, werden in ihren äußersten Verzweigungen bis dahin verfolgt. Sie müssen Ganglienzellen entstammen, welche an anderen Stellen des Gehirns liegen. Für ihre Herkunft aus der Ferne spricht namentlich ihr Faserkaliber. Dann enden dort in reichen und dichten Verzweigungen die Dendritenausläufer der tiefer gelegenen Pyramidenzellen *f.* Jedem einzelnen Ästchen sitzen noch zahllose feine, in Kölbchen auslaufende Nebenästchen auf. Die Verzweigung ist eine so dichte, daß überaus reichliche Gelegenheit zu Kontakten der Dendritenausläufer tiefer Zellen mit den gleichen Ausläufern und den Achsenzylindern der an Ort und Stelle liegenden Zellen gegeben ist. Solch einen Reichtum an Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Ausläufern ganz verschieden gelagerter Zellen, wie er hier enthüllt worden ist, hat selbst die kühnste Phantasie spekulierender Psychologen sich kaum träumen lassen. Und dennoch ist und bleibt nicht nur hier, sondern auch sonst überall in der Rinde fast jede Zelle als selbständiges Individuum bestehen. Nirgendwo erkennt man direkte Verbindungen, überall zeigen sich nur Anlagerungen.

Unter der Tangentialfaserschicht liegt die Schicht der kleinen Pyramidenzellen. Sie geht ganz allmählich in 3, die der großen Pyramiden über. Die Achsenzylinder all dieser Zellen ziehen in der Richtung nach dem Marklager. Sie geben zahlreiche Nebenästchen ab. Viele spalten sich nahe dem Marklager in einen horizontalen und in einen absteigenden Ast. Aus diesen Fasern werden die Züge, welche die Hirnrinde mit tiefer liegenden Zentren, und diejenigen, welche sie mit ferner liegenden Rindenstellen verbinden.

Die Dendritenfortsätze ragen peripherwärts mehr oder weniger weit nach außen, enden zum Teile erst unter der Pia.

Nahe dem Marklager, unter den wohlausgeprägten Pyramiden, liegen zahlreiche Zellen von unregelmäßiger dreieckiger, auch kleinpyramidaler Form. Sie verhalten sich im Verlaufe ihrer Achsenzylinder wie in dem ihrer Dendritenfortsätze analog den Pyramiden, bieten nur unregelmäßigere Formen und ärmere Verzweigung. In dieser tiefsten Schicht findet man dann noch zahlreiche multipolare Zellen *g,* deren Achsenzylinder in den verschiedensten Richtungen, horizontal, auf- und absteigend verlaufen kann. Er zeichnet sich aber immer dadurch aus, daß er nach kurzem Verlaufe sich in ein weites, kompliziertes Geäst auflöst, dessen

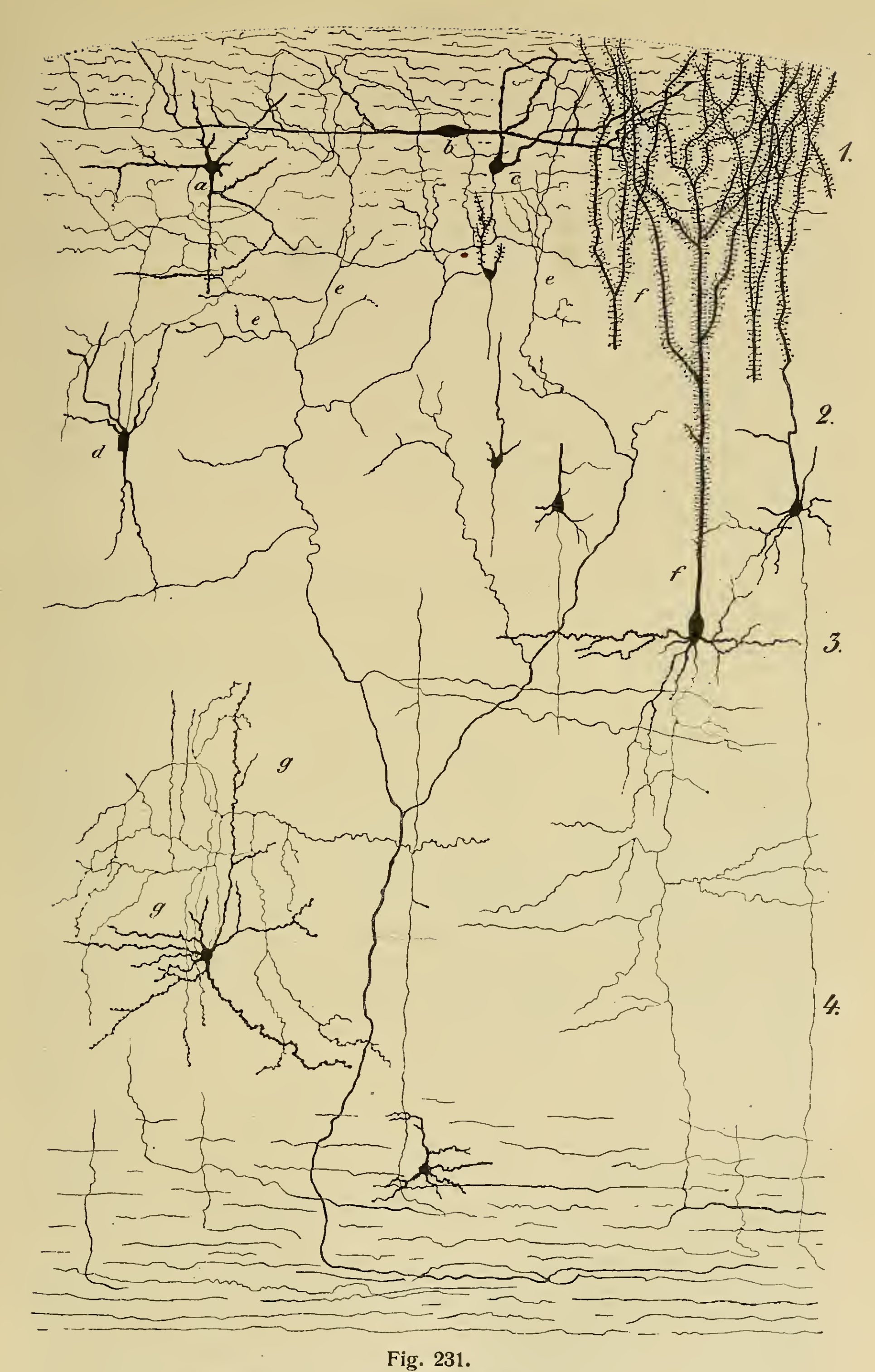


Fig. 231.

Einige Elemente der Hirnrinde. Kombiniert nach Präparaten von S. Ramon y Cajal.

Fäserchen alle frei enden. Solche Zellen kommen übrigens auch noch in fast allen anderen Schichten der Hirnrinde vor. Auch sie sind mit ihrer weiten Auszweigung wieder sehr geeignet, andere Zellgebiete untereinander physiologisch zu verknüpfen.

Diese Befunde sind bisher nicht widerlegt worden, aber es darf nicht unerwähnt bleiben, daß die gerade in den Händen von S. Ramon y Cajal wesentlich fortgeschrittene Technik immer von neuem immer kompliziertere Bilder kennen lehrte, daß besonders an allen Stellen der Rinde ganz unentwirrbare Plexus aufgefunden wurden, die nur künstlich in dem Halbschema, das eben gezeichnet wurde, unterzubringen sind. Insbesondere verzweigen sich die Fasern e in der Schicht 2 und 3, also in der Gegend des Gennarischen Streifens zu einem Maschenwerk, das so dicht ist, daß man wohl hier das von Nißl postulierte interzelluläre Gitter vor sich haben könnte. Existiert dieses aber, so müssen wir auf lange hinaus noch verzweifeln, klare Einsicht in den Bau der Rinde zu bekommen.

Es ist seit langem bekannt, daß die Hirnrinde nicht überall gleichen Bau hat, aber erst neuerdings haben mit allen Mitteln der Technik angestellte Studien von S. Ramon y Cajal und Arbeiten über die Zellen allein von Nissl, Hammarberg, Brodmann Näheres darüber gelehrt. Soweit ich sehe, besteht nirgendwo ein Widerspruch zwischen den zuletzt genannten und den Cajalschen Arbeiten. Das wichtigste, was bisher ermittelt ist, dürfte folgendes sein.

Am meisten von dem Aussehen der Gesamtrinde weicht die Rinde in nächster Umgebung der Fissura calcarina ab, ein Typ, der sich am Occipitalpol auch etwas auf die Lateralseite des Gehirnes erstreckt. Hier wird die Region des weißen Gennarischen Streifens (s. Fig. 229) von einem mächtigen, makroskopisch schon sichtbaren weißen Plexus durchzogen, der im Prinzip jenem Streif gleicht, aber aus sehr viel mehr Fasern besteht, Vicq d'Azyrscher Streif. Außerdem liegen mitten zwischen den Fasern eigentümliche, der Sehrinde allein zugehörige sternförmige Zellen, deren aufgezweigter Achsenzylinder viel zu dem engen Maschenwerk beiträgt. Ebenda verzweigen sich eintretende Fasern von Typus e der Fig. 231, die, vielleicht aus den primären optischen Zentren stammend, hier in einen mächtigen Assoziationsapparat eintreten.

Die Rinde der eigentlichen motorischen Zentren, also besonders diejenige der vorderen Zentralwindung, auch eines Teiles des Parazentrallappens ist durch Fehlen der Körnerschicht 4 der Fig. 228 und durch mächtige Pyramiden in Schicht 5 der Fig. 228 ausgezeichnet. In der hinteren Zentralwindung fehlen diese großen Pyramiden und ist die Körnerschicht wieder deutlich vorhanden. Nach Brodmann entwickeln sich, was psychologisch sehr interessant wäre, diese Unterschiede erst nach der Geburt in der vorher ganz gleichartigen Rinde.

Die Rinde im Schläfenlappen — die Hörrinde — zeigt im all-

gemeinen den Haupttypus, aber sie enthält doch einige Besonderheiten. So kommen z. B. in allen Schichten große eigentümliche Zellen vor, deren dicker horizontaler Fortsatz in großer Menge gleich einem Kandelaber Äste peripherwärts sendet, während der Achsenzylinder gleich dem der anderen Pyramidenzellen in den Markstrahl eintritt.

Eine besondere Betrachtung verdient die Ammonsformation. An der Hirnbasis ganz median wendet sich die Rinde erst nach außen und dann direkt wieder nach innen, Gyrus cornu Ammonis, um dann sich wieder ein kleines Stück nach außen zurück zu krümmen, Gyrus dentatus. (S. Fig. 202, 224 und 232). Die Pyramidenzellen der Ammonswindung gehen dann aber nicht unmittelbar in diejenigen des Gyrus dentatus über. Sie enden vielmehr unregelmäßig durcheinander geworfen (bei *a* der Fig. 232), und dieser unregelmäßige Haufen wird dann von dem Halbbogen der regelmäßig stehenden Zellen des Gyrus dentatus umschlungen. Wir können jetzt ohne Zwang die Schichten der Ammonsformation auf die reguläre Rindenschichtung zurückführen (Meynert und besonders Schaffer), sie bieten aber in ihrem Gesamtaussehen doch so viele Eigentümlichkeiten, daß man bei Beschreibungen die Namen, welche sie früher erhalten haben, noch anwendet.

Wollen Sie an der folgenden Abbildung, von unten nach oben gehend, zunächst die Rinde verfolgen.

Der Teil der Ammonswindung, welchem die eigentliche Aufrollung aufliegt, wird als Subiculum cornu Ammonis bezeichnet. Er ist von einer ungewöhnlich starken Schicht von Tangentialfasern bedeckt, deren netzförmige Anordnung schon am frischen Gehirne auffällt. Viele von diesen Fasern scheinen, die ganze Rinde durchbohrend, bis in das Marklager der Windung zu gelangen. Da, wo die Einrollung beginnt, wird die Tangentialfaserschicht dünner, sie begleitet aber die ganze Ammonswindung weiter und liegt, wie ein Blick auf die Figur zeigen muß, der Rinde des Gyrus dentatus direkt auf. Auch diese besitzt eine Tangentialfaserschicht. Beim Menschen ist es schwer, die Tangentialfasern des Gyrus hippocampi von denen des Gyrus dentatus zu sondern. Sie bilden gemeinsam eine einzige Schicht. In diese tauchen, ganz wie es auf Fig. 231 von der übrigen Rinde gezeichnet ist, die Dendriten der Rindenzellen ein; von der einen Seite die Dendriten aus der Dentatusrinde, von der anderen diejenigen der Ammonsrinde. Unter der Tangentialfaserschicht liegt im Bereiche der Ammonswindung eine zweite mächtige Schicht markhaltiger Fasern. Diese gewundene Platte, Lamina medullaris circumvoluta, ist ein Assoziationssystem von Fasern, die im Ammonshorn entspringen und da enden, wo es vom Gyrus dentatus umfaßt wird. Sie müssen der Rinde selbst angehören und nicht erst dahin eindringen, denn bei einem Hunde, dem von der ganzen Hirnrinde nur die eine Ammonswindung geblieben war, ließ sich dieses System völlig erhalten nachweisen.

Die Lamina med. circumvoluta liegt schon im Bereiche der langen Dendritenfortsätze, welche die Zellen der Ammonswindung aussenden. Die Richtung so vieler langer Fortsätze nach außen gibt diesem Stratum ein leicht gestreiftes Ansehen auf dem Schnitte. Man hat es deshalb als Stratum radiatum bezeichnet. Die Zellen selbst scheinen an gehärteten Präparaten in großen Hohlräumen zu liegen. So erscheint ihr langer gewundener Zug als helle Schicht

und hat den Namen Stratum lucidum erhalten. Sie senden außer ihren Dendriten teilweise auch, ganz wie in der übrigen Rinde, ihre Achsenzylinder hinaus zur Tangentialschicht. Der größere Teil der Achsenzylinder aber tritt ventrikelwärts, und es bilden diese und andere Fasern dann ein richtiges Marklager, den Alveus, der dicht unter dem Ventrikelepithel liegt. Der schmale Raum zwischen dem Stratum lucidum und dem Alveus wird von zahlreichen, in das Ammonshorn eindringenden und aus ihm abziehenden Fasern erfüllt. Er enthält unzählige Faserteilungen und eine Anzahl sehr merkwürdiger Assoziationszellen, die wir erst neuerdings durch Ramon y Cajal kennen gelernt

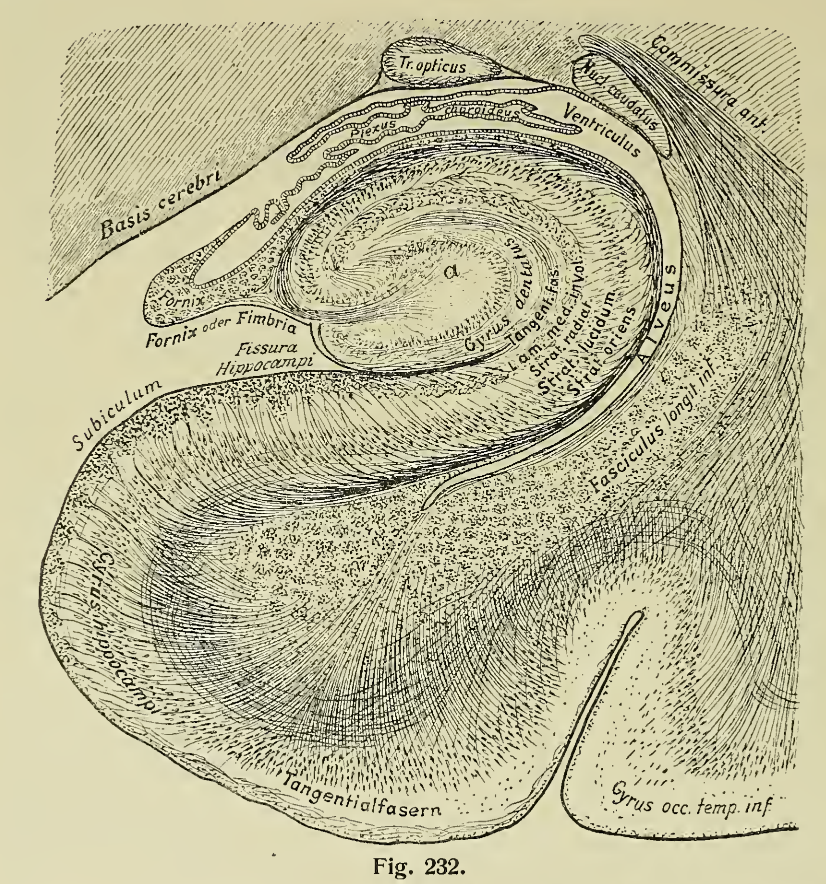


Fig. 232.

Schnitt durch die Hirnbasis und die unter ihr liegende Ammonswindung. Nach einem mit Hämatoxylinkupferlack gefärbten Präparat. Der Plexus chorioides etwas einfacher gezeichnet, als er beim Erwachsenen ist. Man beachte, daß und wie er den Ventrikel vom Schädelraum abschließt.

haben. Sie sind durch ihren vielverzweigten Achsenzylinder, der in die Zellen des Stratum lucidum eindringt, geeignet, die Pyramidenzellen der Ammonswindung untereinander wohl zu verknüpfen (S. Fig. 13). Die ganze Lage wird als Stratum oriens bezeichnet.

Alle Untersuchungen der Ammonsrinde lehren, daß hier ein Zellreichtum, eine Mannigfaltigkeit der Faserbeziehungen existiert, welche in der ganzen übrigen Rinde, so weit wir wissen, nicht mehr ihresgleichen findet.

Die stärkste Veränderung erleidet der Rindentypus an der Spitze des Lobus olfactorius.

Hier taucht nämlich von außen kommend ein neues Element in die Rindenoberfläche ein, die Richnervenfasern aus den Riechepithelien der Nasenschleimhaut.

Dadurch verdickt sich die Spitze des Lobus olfactorius zu der oft (s. Fig. 200) enormen Maße des Bulbus olfactorius. In Fig. 233 habe ich einen Schnitt abgebildet, der frontal gelegt von der Nase bis in den Ventriculus hineingeht, der also die ganze Spitze des Lobus olfactorius durchschneidet.

Zu äußerst liegen natürlich die Riechnervenfäserchen, dann folgt eine grauweiße Zone, in der zahlreiche kleine Kügelchen, Glomeruli olfactorii, schon mit bloßem Auge sichtbar sind, Glomerulusschicht. Nach innen von dieser liegt die graue Ganglienzellenschicht, die dann allmählich durch eine „Körnerzone" in das Riechmark übergeht. In den Bulbus hinein erstreckt sich eine feine Ausbauchung des Seitenventrikels. Ihr Epithel grenzt unmittelbar an die Schicht der markhaltigen Fasern.

Untersuchungen von Golgi, S. und P. Ramon y Cajal, ferner solche von Gehuchten und Kölliker haben uns die Elemente dieser Schichten und den sehr interessanten Zusammenhang einiger dieser Elemente mit den Riechnervenfasern kennen gelehrt.

Die Fasern des Riechnerven sind nichts anderes, als die zentralwärts gerichteten Endausläufer der Sinneszellen der Riechschleimheit. Darauf ist ja bei der Darstellung der Entwickelungsgeschichte schon hingewiesen worden.

Nachdem diese Fasern die Siebbeinplatte passiert haben, gehen sie, an der ventralen Bulbusfläche angelangt, mehrfache Überkreuzungen ein und senken sich dann in die Hirnsubstanz. Dort zerfällt alsbald jeder Achsenzylinder zu einem feinen Endbäumchen. Diese Aufzweigung trifft auf die dicken Äste eines ebenfalls aufgezweigten Dendritenfortsatzes, und beide Faserarten, die sich innig aneinanderlegen, bilden zusammen einen rundlichen Komplex, eben den Glomerulus olfactorius. Der Dendritenfortsatz stammt von einer Ganglienzelle ab, welche reichliche derartige Ausläufer entsendet. Nur einer tritt immer in die geschilderte Beziehung zu den Riechnervenfasern. Jede dieser Hirnzellen steht mit einer ganzen Anzahl von Olfactoriusfasern in Verbindung. Solche Zellen, mannigfach geformt, von wechselnder Größe, liegen in großen Mengen in der grauen Schicht unter den Glomerulis. Sie senden ihren Stammfortsatz zentralwärts, und man kann ihn bis in das Lager der Markfasern verfolgen. Auf dem Wege gibt er zuweilen Kollateralen ab. Hier nun haben Sie einmal ein gutes Beispiel für das in der Vorlesung über die Gewebszusammensetzung der Zentralorgane Gesagte. Sie sehen die primäre und die sekundäre Olfactoriusbahn direkt vor sich und erkennen, daß die Verbindung hergestellt wird durch Aufspitterung des Stammfortsatzes der primären Bahn und Anlegen an die Dendritenfortsätze aus der sekundären Bahn.

Es wurden in der Rinde des Riechkolbens noch eine Anzahl anderer Elemente gefunden, deren nervöse Natur noch nicht über allem Zweifel ist. Zwischen den erwähnten Zellen und der Markfaserschicht, zum Teile auch innerhalb derselben, liegen die bisher als „Körner" bezeichneten Zellen, von denen ich in *a, b, c* drei verschiedene Typen in das vorstehende Bild eingezeichnet habe.

Außerdem kommen an allen Stellen Zellen *e* mit sehr weit verzweigtem Achsenzylinder vor.

Das Faserwerk, welches alle diese Elemente bilden, wird dadurch natürlich noch sehr viel komplizierter, daß auch die Neurogliazellen überall zwischendurch liegen und daß die Ausläufer der Ventrikelepithelien weithin in die Substanz des Bulbus olfactorius hineinreichen. Die Abbildung, welche hier wesentlich aus Zeichnungen van Gehuchtens kombiniert ist, wurde möglichst einfach und übersichtlich gehalten. Sie müßten sich das alles sehr viel dichter, reicher an Fasern und Zellen vorstellen.

Epithelium ventriculi olfact

Mark des Lobus.

Rinde des Lobus.

Mitralzellen der Rinde.

Oberfläche der Rinde mit den Glomerulis und den Filia olfactoria.

Schädelbasis.

Nasenschleimhaut.

Glomerulus olfact.

Lamina cribrosa

Fibr. olfactor.

Mucosa olfactoria

Fig. 233.

Schnitt durch die Riechschleimhaut, das Siebbein und den Bulbus olfactorius. Die Kombinierung ist schematisch, die Lage der einzelnen Elemente, namentlich auch ihre Verzweigung und Form, nach Präparaten.

Es scheint zunächst das einfachste, die ganze Rinde an der Lobusspitze nur als eine durch den Eintritt der Riechnervenfasern modifizierte Hirnrinde des allgemeinen Types aufzufassen und die Diskussion darüber, was jede einzelne Zellart etwa zu bedeuten hätte, so lange zu verschieben, bis wir über die Zellen der übrigen Hirnrinde mehr wissen.

Die Rinde kaudal von dem Riechlappen und medial von ihm, diejenige des Tuberculum olfactorium oder der analogen mehr atrophischen Area olfactoria des Menschen bietet ebenfalls einen vom Haupttypus recht abweichenden Bau. Sie ist immer etwas gefältelt. An ihrer Außenseite liegen die medialen Fasern der Riechstrahlung und diese dringen in sie derart ein, daß sie die Ganglienzellen zu einzelnen Nestern scheiden. Man erkennt diesen eigenartigen welligen Zug von Zellnestern immer leicht auf allen Schnitten, die dieses Rindengebiet treffen.

Die Oberfläche der Großhirnrinde ist beim Menschen (Weigert) von einem dichten **Glianetz** bedeckt, von dem zahlreiche, spärlicher werdende Züge bis hinab in die Gegend der kleineren Pyramiden strahlen. Dann wird das Glianetz immer dünner, und in den tiefsten

Rindenlagen fehlt es fast ganz. Schon innerhalb der Radii sind nur noch vereinzelte Fäserchen wahrnehmbar. In der Markschicht liegt dann wieder die relativ dichte Gliaansammlung, welche überall die markweißen Fasern umspinnt.

Wenn die Nervenelemente des Großhirnes — bei der Paralyse z. B. — zugrunde gehen, so tritt an ihre Stelle eine Gliawucherung, die sich nicht nur durch ihr Auftreten an abnormem Orte, sondern auch durch die Dicke der Fasern auszeichnet, welche das sonst Normale noch weit übertreffen. Nur im höheren Alter, wo — wohl auch infolge des senilen Schwundes — etwas mehr Glia in der Hirnrinde ist, kommen noch solche Fasern vor. Wo viele eines der Gliaplättchen kreuzen, entstehen die Astrozyten und Deitersschen „Zellen", denen man deshalb gerade bei der Paralyse besonders oft begegnet.

Eine möglichst genaue Kenntnis der Hirnrinde wird eben von allen Seiten mit Recht angestrebt. Bereits hat sich die Psychiatrie erfreulicher Erfolge zu rühmen, die bei solchen Studien herangereift sind. Ich erinnere nur an die Entdeckung von Tuczeck, der nachwies, daß bei der progressiven Paralyse der Irren zunächst das Netz der Nerven in Schicht 1 untergeht, und daß dann sukzessive auch die Fasern in den tieferen Schichten bis in die vierte hinein schwinden. Ähnliches ist später für andere Psychosen nachgewiesen, und neuere Funde haben gelehrt, daß auch in tieferen Teilen des Gehirns bei der Paralyse Schwund feiner Fasern zustande kommt. Derselbe wird, wie der Verlauf seiner Ausbreitung erschließen läßt, hier und da durch sekundäre Degeneration von in der Rinde bereits unterbrochenen Fasern bedingt. Dann verdanken wir namentlich Nißl und Alzheimer treffliche Studien über die Zellveränderungen in der Rinde bei den verschiedensten Seelenstörungen und ebensolche über Veränderungen in der Neuroglia der Rinde bei bestimmten Erkrankungen.

Die Nervenfasern in der Hirnrinde bekommen erst sehr spät ihr Mark. Es tritt im 8. Fötalmonate zuerst im oberen Scheitellappen und der hinteren Zentralwindung auf, im 1. Lebensmonate kommen hierzu einzelne Fäserchen in der vorderen Zentralwindung, später, im 2.—3., beginnt im Occipitallappen die Markbildung der Rinde. Es ist wahrscheinlich, daß diese Verhältnisse mit der Zeit in Beziehung stehen, in der der Mensch in den einzelnen Hirngebieten Erinnerungsbilder abzulagern beginnt, daß sich mit dem Erwerben von Sehvorstellungen z. B. die Rinde der Sehsphäre entwickelt.

Im späteren Leben werden immer ausgedehntere Bezirke markhaltig, s. S. 328.

Mit der Histologie der Hirnrinde und mit den feineren anatomischen Verhältnissen ihres Aufbaues haben sich zahlreiche Forscher beschäftigt. Je mehr bisher da gearbeitet wurde, um so schwieriger erschien die Lösung des Problems. Immer neue, immer verwickeltere Verhältnisse wurden bekannt. Baillarger, Bevan Lewis, Clarke, Meynert, Golgi, Bellonci, S. Ramon y Cajal, Kölliker, Hamarberg, Nißl, Brodmann und viele andere haben die wichtigsten Punkte klarzustellen versucht. Die Rinde des Ammonshornes wurde speziell von Meynert, Kölliker, Henle, Duval, Schaffer, Golgi, Sala, S. Ramon y Cajal untersucht.

Einundzwanzigste Vorlesung.

Der Eigenapparat des Vorderhirnes. Fibrae propriae, Kommissuren, Riechapparat, Striatum.

Unter der Rinde liegt das Markweiß der Hemisphäre. Das gleichmäßige Weiß, welches ein Schnitt durch das Centrum semiovale dem bloßen Auge bietet, wird vom Mikroskope aufgelöst in eine große

Anzahl sich in mannigfachen Richtungen kreuzender, nur schwer zu verfolgender Fasern. Versuchen wir es, unter diesen, soweit dies bislang möglich, uns zu orientieren.

Wenn Sie Schnitte durch das frische Gehirn eines neugeborenen Kindes machen, so sehen Sie, daß unter der Rinde fast überall eine eigentümliche, graurot durchscheinende Masse liegt, in der nur an einer schmalen Stelle, unter dem oberen Teile der hinteren Centralwindung und in ihrer Nachbarschaft, weiße Nervenfasern zu finden sind. Erst im Laufe der ersten Lebensmonate umgeben sich auch andere Nervenbahnen mit Mark; zunächst meist solche, die von der Rinde nach abwärts ziehen, bald aber auch Züge, die einzelne Rindengebiete miteinander verknüpfen. Die letzteren, die Fibrae propriae der Rinde, sind am ausgewachsenen Gehirne ungemein zahlreich, überall spannen sie sich von Windung zu Windung, zur zunächstliegenden und zu entfernteren, ganze Lappen verbinden sie untereinander. Der Gedanke liegt nahe, daß diese „Assoziationsfasern" erst durch die Einübung zweier Hirnstellen zu gemeinsamer Aktion entstehen, resp. sich als deutlich markumgebene Züge aus der indifferenten Nervenfasermasse herausbilden, wenn sie häufiger als andere Züge in Gebrauch genommen werden. Die kürzesten Assoziationsfasern liegen dicht unter der Rinde, dann folgen etwas längere, und am weitesten ab von der Rinde liegen dann die längsten Züge zu entfernten Teilen der Hemisphären. Ein solches System ist, wie Sie sehen, durchaus geeignet, alle Teile des Gehirnes untereinander in Verbindung zu bringen. Die mannigfacheu Assoziationsvergänge im Denken, in der Bewegung und der Empfindung, denen das Gehirn dient, finden möglicherweise hier ihr anatomisches Substrat.

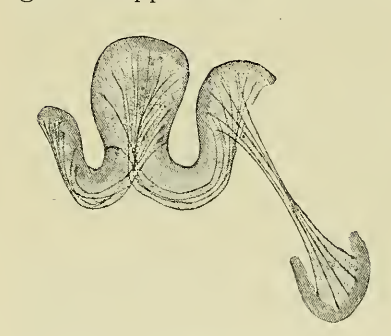


Fig. 234.
Schema der Fibriae propriae der Rinde.

Nicht unwahrscheinlich ist es, daß diese Fasern auch bei der Ausbreitung der epileptischen Anfälle eine wichtige Rolle spielen. Es ist möglich, bei Tieren durch Reizung einer Rindenstelle zunächst Zuckungen in den hierher gehörigen Muskeln, bei Steigerung des Reizes Krämpfe in der ganzen betreffenden Seite hervorzurufen, Krämpfe, deren Verlauf der Anordnung der betreffenden Zentren in der Hirnrinde entspricht. Bei der Ausbreitung dieses Reizes wird nie ein benachbarter motorischer Punkt übersprungen. Die Krämpfe befallen, wenn sie sich völlig über die eine Körperhälfte verbreitet haben, unter Umständen (Intensität des Reizes, Disposition des Versuchstieres) die andere Hälfte. Exstirpation der einzelnen motorischen Zentren bedingt eine Ausschaltung der betreffenden Muskelgruppen aus dem Krampfbilde. Es ist nicht nötig, daß die Rindenstelle, von der ein solcher Krampfanfall ausgelöst wird, gerade der motorischen Region angehört. Die erzeugten Krämpfe haben die größte Ähnlichkeit mit dem Bilde der partiellen oder allgemeinen Epilepsie beim Menschen. Bei diesem kennt man, seit den

Arbeiten von Hughlings Jackson namentlich, Epilepsieformen, welche mit Zuckungen oder Krämpfen in einem Gliede beginnen und sich zuweilen über mehrere Glieder oder den ganzen Körper verbreiten, im letzteren Falle das ausgeprägte Bild des epileptischen Anfalles darstellend. Das Bewußtsein schwindet, solange der Anfall partiell bleibt, durchaus nicht immer. Nach dem Anfalle bleiben manchmal Lähmungen meist in dem zuerst betroffenen Teile lokalisiert zurück. Diese partielle oder Rindenepilepsie ist nicht von der klassischen Epilepsie zu trennen. Die letztere stellt wahrscheinlich nur eine in ihren ersten Anfängen rascher verlaufende Form dar.

Doch ist es nicht nötig, daß die Ausbreitung eines Reizes von einer Rindenstelle auf eine andere oder auf das ganze Gehirn gerade auf dem Wege der Fibrae propriae erfolgt. Gar manche Wege bieten sich dar: so der durch das feine Nervennetz an der Oberfläche der Rinde; dann kann ja auch die ganze Rinde gleichzeitig beeinflußt werden durch eine Schwankung des Blutgehaltes ihrer Gefäße, und auch der anderen Wege ließe sich noch mancher finden.

Die Verfolgung der kurzen Fibrae propriae zwischen zwei benachbarten Rindenbezirken ist, wenn man sich der Abfaserungsmethode bedient, nicht allzu schwer. Die Darstellung der Verbindungen weiter voneinander liegender Rindengebiete ist viel schwieriger und führt gar leicht zu Kunstprodukten, welche nur zum Teile dem wirklichen Faserverlaufe entsprechen. Einigermaßen sicher sind nur wenige Züge zu verfolgen. So das Hakenbündel — Fasciculus uncinatus, das Bogenbündel — Fasciculus arcuatus, das untere Längsbündel — Fasciculus longitudinalis inferior, die Zwinge — Cingulum, und wenige andere.

Das Hakenbündel entspringt aus der Rinde des Schläfenlappens, zieht nahe dem ventralen Inselrande nach vorn und zerfährt in den ventralsten Gebieten des Stirnlappens. (Figg. 257, 258).

Über den dorsalen Teil der Insel weg verläuft der Fasciculus arcuatus aus dem kaudaleren Teile des Schläfenlappens zur Rinde des Scheitel- und Stirnlappens. (Fig. 257, 258, 260.)

Die Zwinge, das Cingulum, ist ein langer Zug, der in der Randwindung — Gyrus fornicatus — von der Rinde des Ammonshornes zu der ventralsten Gegend des Stirnlappens und vielleicht auch zum Riechlappen — Hund und Kaninchen — verläuft. Er besteht wohl (Beevor) aus mehreren Einzelteilen und ist nicht durch Durchschneidung ganz zur Degeneration zu bringen. (Figg. 242, 257, 260).

Das Bündel kann wohl bei den meisten Säugern nachgewiesen werden (Redlich).

Das untere Längsbündel, der Fasciculus longitudinalis inferior, ein sehr mächtiger Faserzug, verbindet den Schläfenlappen mit dem Occipitalhirne. (Figg. 264—267, 237 *Fli*).

Déjèrine, welcher das Bündel besonders genau in seinen Beziehungen zu vielen anderen Teilen der Hirnfaserung studiert hat, sah es in einem Falle von reiner Wortblindheit degeneriert. Sein Verlauf und dieser Befund machen es sehr wahrscheinlich, daß es im wesent-

lichen der Vermittelung optischer Eindrücke auf andere Hirnteile dient. Er ist auch bei anderen Primaten vorhanden. Neuerdings sieht sich Flechsig auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Studien gezwungen, dieses Bündel ganz aus der Reihe der Assoziationsbahnen zu streichen. Es soll nämlich nicht im Schläfenlappen enden, sondern nahe von dessen Spitze hinauf zum Thalamus biegen, so daß es also ein Teil der Radiatio occipito-thalamica wäre. Eine eigene Beobachtung spricht gegen diese Flechsigsche Annahme. Ich habe einen Fall von operativer Abtragung des Schläfenlappens veröffentlichen können, bei dem man von der Wundstelle aus den Fasciculus longitudinalis inferior bis in die

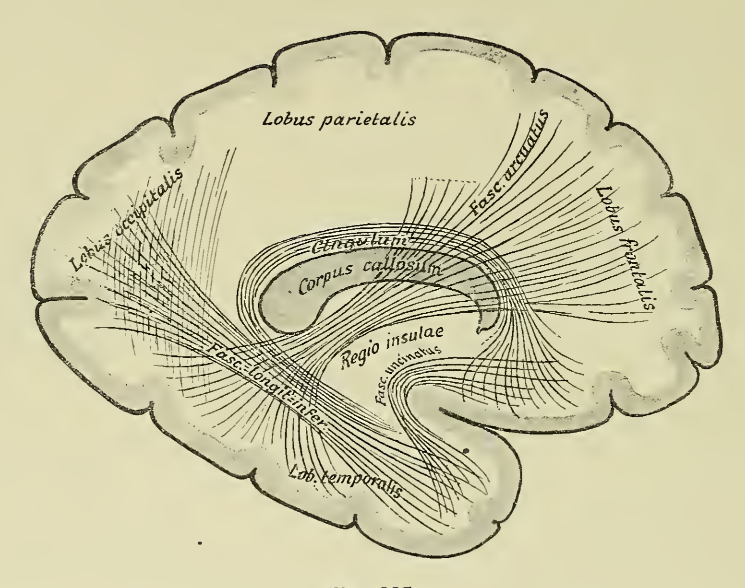


Fig. 235.

Schema des Verlaufes der langen Assoziationsbahnen.

Spitze des Occipitallappens und den Fasciculus arcuatus bis hinauf in die Scheitellappen entartet ziehen sah.

Mit Recht hebt Sachs hervor, daß eigentlich nur der Schläfenlappen durch lange Züge mit allen Teilen des übrigen Gehirnes in Verbindung steht. In ihm ist, wie die Erfahrungen der Pathologie zeigen, das Klangbild der Sprache lokalisiert. Der Wichtigkeit, welche diese beim menschlichen Denken habe, entspräche die mannigfach reiche Verbindungsmöglichkeit.

Alle diese langen Bündel enthalten aber nur sehr wenig Fasern ganz langen Verlaufes, zu weitaus größerem Teile sind sie aus Fasern gebildet, welche einzelne Abschnitte ihres langen Verlaufareals untereinander verbinden.

Man tut ganz gut, die langen Züge als interlobäre Assoziationsbündel zu bezeichnen und sie solchen gegenüberzustellen, welche

einzelne Teile des einen oder anderen Lappens innerhalb des Lappens selbst untereinander verknüpfen. Diese intralobären Züge sind bisher noch wenig studiert. Am besten noch für den Occipitallappen, wo durch Sachs, Wernicke, Viault u. a. Faserbahnen nachgewiesen sind, welche die Rinde in den mannigfachsten Richtungen und Höhen untereinander zu verknüpfen geeignet sind, dann kennen wir durch Anton und Zingerle die entsprechenden Verhältnisse im Stirnlappen.

Zu diesen Zügen, welche Teile einer Hemisphäre unter sich verbinden, kommen weiter Fasern, welche eine Hirnhälfte mit der anderen Hälfte verknüpfen, die Kommissuren. Wir müssen im Vorderhirn drei Kommissursysteme gut unterscheiden.

1. Die Kommissur des Neopalliums, der Balken. Sie fehlt noch den Marsupialiern und Monotremen und tritt erst bei einigen Fledermäusen deutlich auf. Bei den übrigen Säugern ist sie je nach der Größe des Neopallium mehr oder weniger gut ausgebildet. Bei dem Menschen ist sie die mächtigste Querkommissur des ganzen Gehirnes.

2. Die Kommissur der Ammonsformation, das Psalterium (Lyra Davidis beim Menschen). Bei allen Säugern ist sie kräftiger ausgebildet als beim Menschen und Affen, nur bei den Säugern mit ganz atrophischen Ammonshörnern und Riechapparat ist sie ganz unbedeutend.



Fig. 236.
Frontalschnitt durch das Vorderhirn. Schema des Verlaufes von Balken und Commissura anterior.

3. Die Commissura anterior, die typische Kommissur des basalen Riechapparates, die schon von den Fischen an vorhanden ist und nur unbedeutende Variationen in der ganzen Reihe hat.

Da die makroskopischen Verhältnisse des Balkens, seine allgemeine Gestalt da, wo er frei von anderer Hirnmasse ist, Ihnen, meine Herren, bereits bekannt sind, bleibt mir nur wenig zur Erläuterung der nebenstehenden Fig. 236 zu sagen übrig.

Sie müssen sich denken, daß ebenso wie auf diesem etwa durch das Chiasma geführten Schnitte die Balkenfaserung querziehend zu sehen ist, auch in dem ganzen Hirngebiete über den beiden Seitenventrikeln solche Fasern laufen. Auch vom Stirnlappen her bekommt der Balken jederseits einen kräftigen Zuzug, der ihm vorn über das Dach des Seitenventrikels, an dessen lateraler Seite zuwächst. Die Balkenfasern aus dem Occipitallappen umschließen das Hinterhorn dicht wie eine Kappe. Ihre Strahlung wird als Forceps major bezeichnet. Forceps minor nennt man den in der Umgebung des Unterhornes

zum Schläfenlappen ziehenden Anteil des Balkens. Die Innenseite des Hinterhornes und des Unterhornes wird so von einer weißen Markfaserschicht ausgekleidet, dem Tapetum. Vergl. die Schnitte durch die Balkenfaserung, Fig. 257—268.

Die von der Innenseite des Gehirnes dargestellte Balkenfaserung bietet das vorstehende Bild (Fig. 237) dar, mit dessen Hilfe Sie sich dann leicht eine Gesamtvorstellung von der Balkenstrahlung machen können.

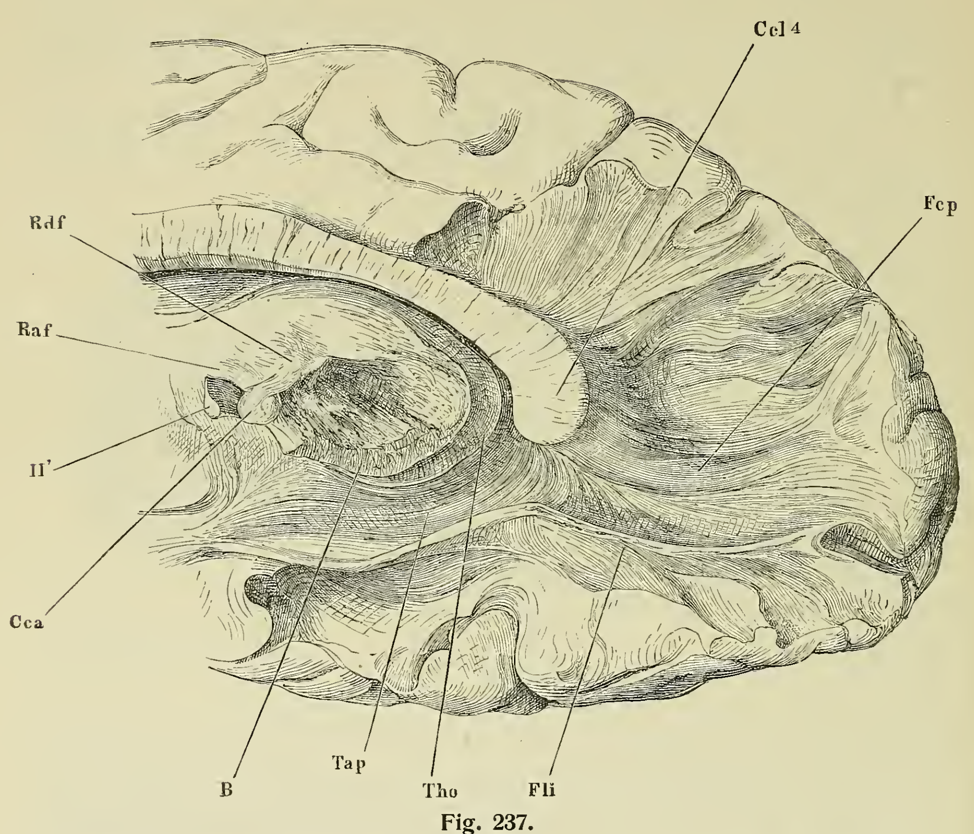


Fig. 237.

Hinterer Teil der rechten Hemisphäre von innen gesehen. Durch Abbrechen mit der Pinzette ist die Strahlung des hinteren Balkenendes, Splenium *Ccl*[4], dargestellt. Die runde Masse unter dem Balken ist der Thalamns opticus *Tho*. An der Wand des ihn umgebenden Ventrikels das Tapetum *Tap*. Auf dem Bilde ist auch ein Teil des Fasciculus longitudinalis inferior *Fli* zu sehen. Der Thalamus hat unter sich den Hirnschenkelfuß *B*. *Rdf* Vicq d'Azyrsches Bündel, *Raf* Fornix, *Cca* Corpus candicans, *II'* Nervus opticus, *Fcp* Forceps.

Man darf sich übrigens den Balken nicht etwa als eine Reihe einfach übereinander gelagerter Kommissurenfasern vorstellen, die in der Art der Fig. 236 seitlich ausstrahlen. Solche Fasern gibt es auch, aber es besteht doch der Balken in seiner Hauptmasse aus sich mehrfach in verschiedenen Richtungen kreuzenden Bündeln und aus solchen, die ihre Tieferlagerung wechseln. Namentlich haben viele Balkenfasern die Neigung, ehe sie von dem Hauptkörper abgehen, in fast rechtwinkeligem Zuge sich ihrem Endpunkte zuzuwenden. Dabei durchbrechen sie vielfach über oder seitlich von ihnen gelagerte andere Balken-

schichten. Das gilt auch für die Tapetumfaserung, aus der mannigfach sich überkreuzende Fasern, rechtwinklig abgehend, nach der Rinde ziehen. Schnopfhagen, Anton-Zingerle, Richter.

Direkt unter dem Balken, in dem Winkel welchen seine Unterfläche mit dem Ventrikel macht, liegt eine Gliamasse mit Gefäßen, der Rest eines bei Embryonen sehr mächtigen Organes noch unbekannter Bedeutung. In ihr und um sie herum verlaufen zahlreiche kürzere feine Fasern, die wie jene Gliamasse den Schwanzkern lateral begleiten. Assoziationsbündel des Nucleus caudatus (Fig. 193), Fasciculus subcallosus. Einige von ihnen strahlen auch wie die Balkenfaserung in das Tapetum ein. Eine sichere Beziehung zum Nucleus caudatus ist übrigens noch nicht nachgewiesen. Lateral von dem

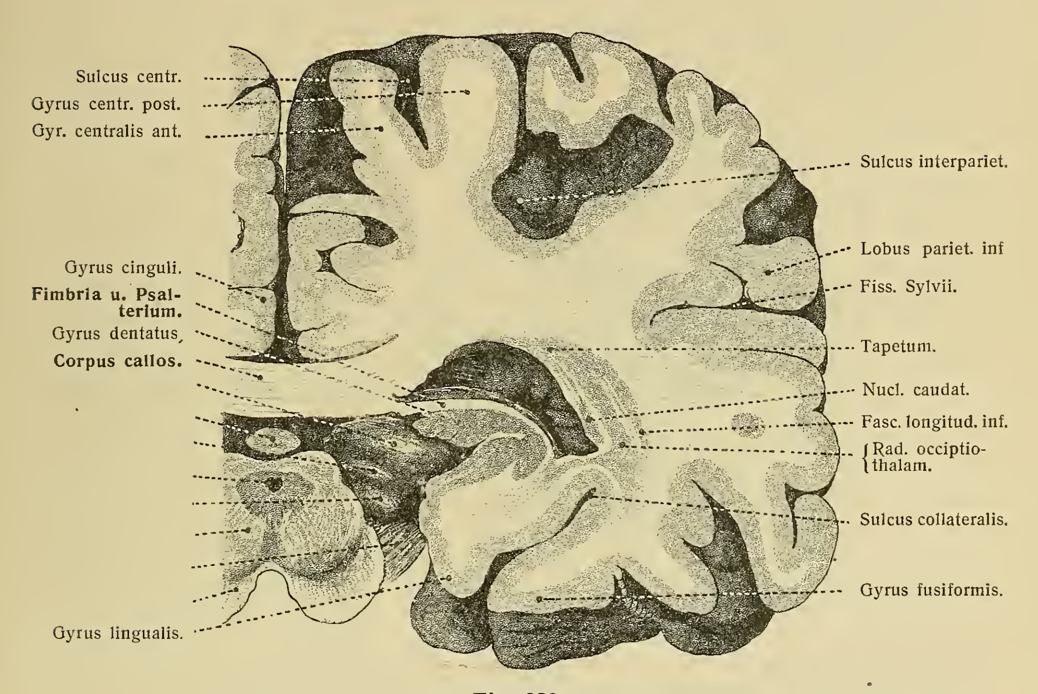


Fig. 238.

Mensch. Frontalschnitt. Balken, darunter das aus dem Fimbria und dem Alveus stammende Tapetum.

Fasciculus subcallosus läßt sich unter dem Balken noch ein zweites netzförmig auf dem Querschnitte aussehendes Feld nachweisen, das auf die ganze Balkenlänge verläuft. Es ist zuerst von Sachs gesehen worden und besteht aus Stabkranzfasern, die hier nach verschiedenen Richtungen abbiegen und kreuzen. Es handelt sich also hier nur um ein scheinbares Bündel.

In den Fällen von Balkenmangel kommt es häufig zu einer eigentümlichen Bildung. Es legen sich die Balkenfasern jeder Seite zu einem Längsbündel aneinander, das vom Stirnlappen zum Tapetum des Occipitallappens zieht. Dieser Faserzug hat lange für einen normalen, bei Balkenmangel erst gut sichtbar werdenden gegolten, bis Sachs und besonders Schröder den Nachweis erbrachten, daß es sich um eine Mißbildung handelte.

Trägt man am menschlichen Gehirne die ganze Balkenmasse vorsichtig ab, so kommt man auf eine zweite weiße Faserung, auf das

Psalterium. Man erkennt, daß es aus dem Markweiß stammt, welches die Ammonshörner im Inneren des Ventrikels überzieht (Fig. 229).

Das Psalterium enthält die Fasern, welche aus einem Ammonshorn in das andere ziehen, dann solche, die, aus einem Ammonshorn entspringend, zu Längszügen geordnet andere Bahnen — thalamuswärts gerichtete — einschlagen, die Fornixbahnen nämlich. An Frontalschnitte durch das menschliche Gehirn bilden die Fasern des Psalterium nur eine dünne Lage unter dem Balken, (Fig. 238). An dem Fig. 189 abgebildeten Hundegehirn sind sie fast so stark wie die Balkenfaserung selbst.

Eröffnet man die Ventrikel eines Pferdegehirnes von oben, so imponieren sofort die mächtigen weißen Massen, die kaudal von dem Striatum den Thalamus fest bedecken, so daß man sich, zunächst an menschliche Verhältnisse denkend, gar nicht zurechtfindet, bis man dann erkennt, daß die Fasern in die Ammonshornauskleidung rückwärts verfolgt werden können und das Psalterium darstellen. Ich empfehle sehr, gerade am Pferde die Psalteriummasse zu studieren.

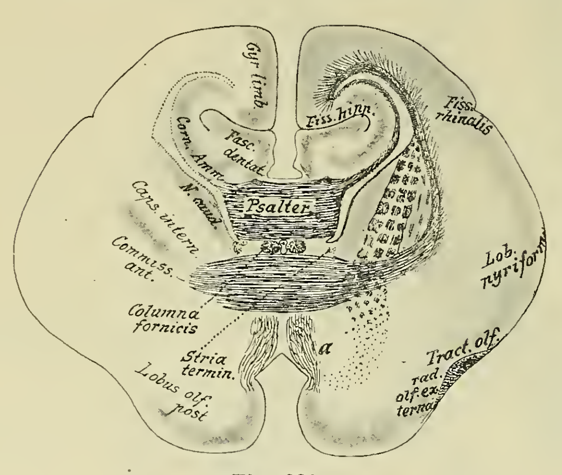


Fig. 239.
Frontalschnitt durch das Gehirn von Perameles. Nach Elliot Smith.

Am besten aber kann man das Psalterium da studieren, wo noch gar keine Balkenentwickelung eingetreten ist, am Gehirne der Beutler und Monotremen. Auf dem Frontalschnitte durch das Vorderhirn eines Beuteltieres, den Fig. 239 abbildet, erkennen Sie, daß zwei mächtige Querstreifen die rechte und linke Hälfte verknüpfen. Der dorsalere, welcher zwischen den Ammonshörnern verläuft, ist das Psalterium, der ventraler gelegene ist die Commissura anterior. Wenn Sie den Schnitt etwa mit Fig. 229 vergleichen, so sehen Sie, daß die ganze mächtige Gehirnmasse dorsal von den Ammonshörnern dem Beuteltiere fast fehlt. Wir haben hier ein echtes Riechhirn, das wesentlich aus dem Archipallium besteht, vor uns. Wenn wir uns in diesen Typus die Balkenfasern hineindenken, so müßten wir sie über das Psalterium zeichnen, wo dann das auf ihnen liegende Ammonshorn zu dem dünnen Streifen der Stria longitudinalis Lancisii reduziert würde.

Die Commissura anterior besitzt Abteilungen zu allen mit dem Rhinencephalon zusammenhängenden Gebieten. Ihr vorderer Schenkel

entspringt im Lobus olfactorius der einen Seite und zieht an der Hirnbasis hufeisenförmig gekrümmt hinüber zum Lobus der anderen Seite. Ein kaudaler Schenkel verbindet die Gyri hippocampi oder doch die Rindengebiete, welche direkt lateral von der Ammonseinrollung liegen, und schließlich kennen wir schon für viele Säuger einen aufsteigenden Ast der vorderen Kommissur, der, in der Capsula externa verlaufend, geeignet ist, den dorsalen Teil der Randwindung mit dem gegenüberliegenden zu verbinden.

Die Commissura anterior zieht, wie Fig. 259 gut zeigt, beim Menschen als kräftiges Faserbündel nahe dem Boden des Ventrikels vor den Fornixschenkeln daher. Sie läßt sich nicht so, wie oben in der halbschematischen Figur angedeutet ist, auf einem Querschnitte verfolgen. Ihre Fasermasse krümmt sich vielmehr, indem sie das Corpus striatum durchzieht, beiderseits im Halbkreise nach unten und hinten und verliert sich im kaudalsten Marke des Lobus temporalis. Auf Fig. 260 ist dieser Bogen rechts und links außen unter dem Nucleus lentiformis angeschnitten.

Der größte Teil der vorderen Kommissur beim Menschen führt nur Fasern, welche rückwärts bis in die Gegend lateral von den Ammonshörnern, vergl. Fig. 232, verfolgt werden können. Von der Riechlappenkommissur ist nur ein kleines Bündelchen — man sieht es in Fig. 236 beiderseits abwärts ziehen — nachgewiesen.

Eine besondere Stellung in dem Eigenapparat des Vorderhirnes nimmt

der Geruchsapparat

ein. Sie haben die meisten seiner Teile schon kennen gelernt, nun wollen wir ihn einmal als Ganzes betrachten.

Ziemlich alle Teile des bei den osmatischen Tieren mächtigen Apparates sind, wenn auch in atrophischer Gestalt, beim Menschen noch vorhanden.

Sie erinnern sich, daß die den Nasenepithelien entstammenden Riechnervenfasern zunächst im Bulbus olfactorius enden.

Die graue Masse des Bulbus sendet rückwärts die zentralen sekundären Bahnen des Riechapparates. Zunächst gelangt immer ein solcher Zug auf die Oberfläche des Lobus, wo er, bald in mehr, bald in weniger Strahlen gespalten, rückwärts zieht. Dabei senken sich aus dieser lateralen Riechstrahlung fortwährend Fäserchen in die Tiefe der Lobusrinde. Die kaudalsten verschwinden am Ende des Lobus olfactorius in zwei kleinen Höckern, die Retzius Gyrus semilunaris und Gyrus ambiens genannt hat, als er sie zuerst abscheiden lehrte. Beim Menschen sind diese Höcker auch noch nachweisbar. Nur sind sie, wie auch der ganz atrophische Lobus pyriformis da von dem Uncus der Schläfenlappenspitze bedeckt.

Ein medialer Faden der Riechstrahlung, die man als Ganzes zweckmäßiger Tractus bulbo-corticalis nennen könnte, endet bei Tieren

im Tuberculum olfactorium oder der Area olfactoria. Dieser mächtige Endapparat ist beim Menschen in der breiten grauen Masse lateral von dem Tractus opticus (Fig. 240) verschwunden, die man als Lamina perforata anterior bezeichnet. Hierhin senkt sich die mediale Riechstrahlung. Sie endet, das graue Feld mehr oder weniger weit überziehend, in dessen medio-kaudalem Gebiete. Die Substantia perforata anterior ist nicht ganz Tuberculum olfactorium, sie bildet vielmehr die

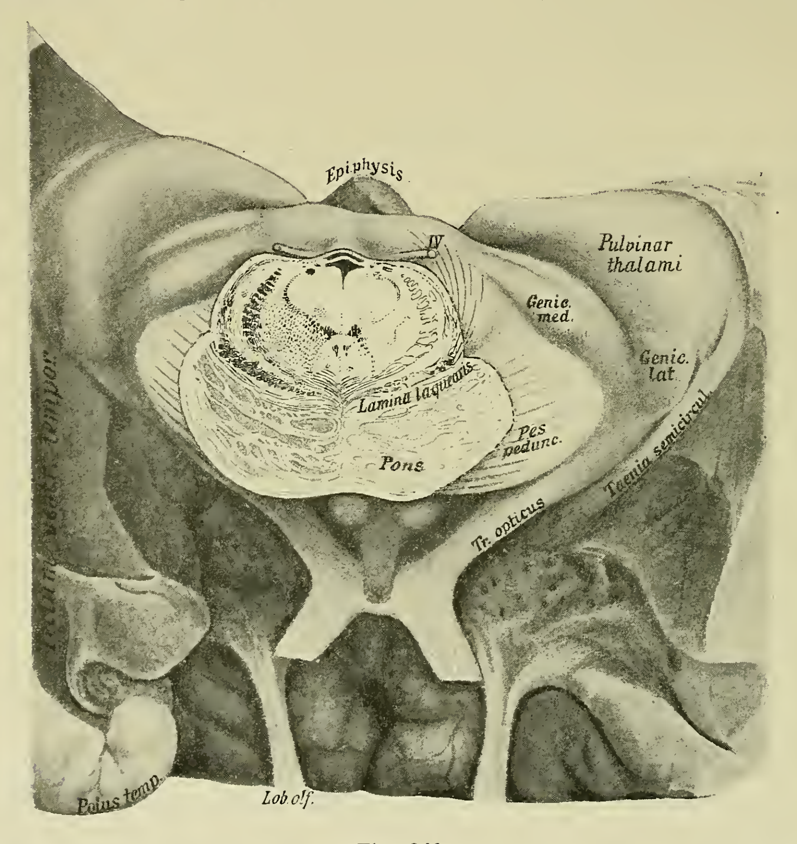


Fig. 240.
Der Frontalabschnitt der menschlichen Hirnbasis mit dem atrophischen Riechlappen und der Riechstrahlung. Die Spitze des Schläfenlappens rechts weggenommen. Die laterale Riechstrahlung endet am Gyrus semilunaris und Gyrus ambiens.

Basis des zentralen Grau, das einerseits aus der atrophischen Rinde, unter dem Streifenhügel andererseits aus einigen kleinen Ganglien, dem Ganglion taeniae und dem Ganglion basale gebildet wird.

Die beiden Lobi olfactorii werden durch den Frontalast der Commissura anterior untereinander verbunden. Schneidet man, wie das Löwenthal im hiesigen Laboratorium getan hat, einen Bulbus ab, so entartet die Riechstrahlung aus ihm zur Lobusrinde und der Anteil der Commissura anterior, welcher zum anderseitigen Lobus und Bulbus zieht (Fig. 241).

Das Mark des Riechlappens enthält außer der Commissura anterior noch eine Anzahl feiner, kaudalwärts ziehender Bündel. Ein Teil derselben läuft sagittal rückwärts und kann bis in die Gegend des Corpus mamillare verfolgt werden. Er muß auf seinem Wege die ventralsten Gegenden des Corpus striatum durchbrechen, bezieht aber aus diesen keine Fasern. Einzelne dieser Fasern gehen noch weiter kaudalwärts, bis in die Gegend des Ganglion interpedunculare, vielleicht auch bis in die Schleife.

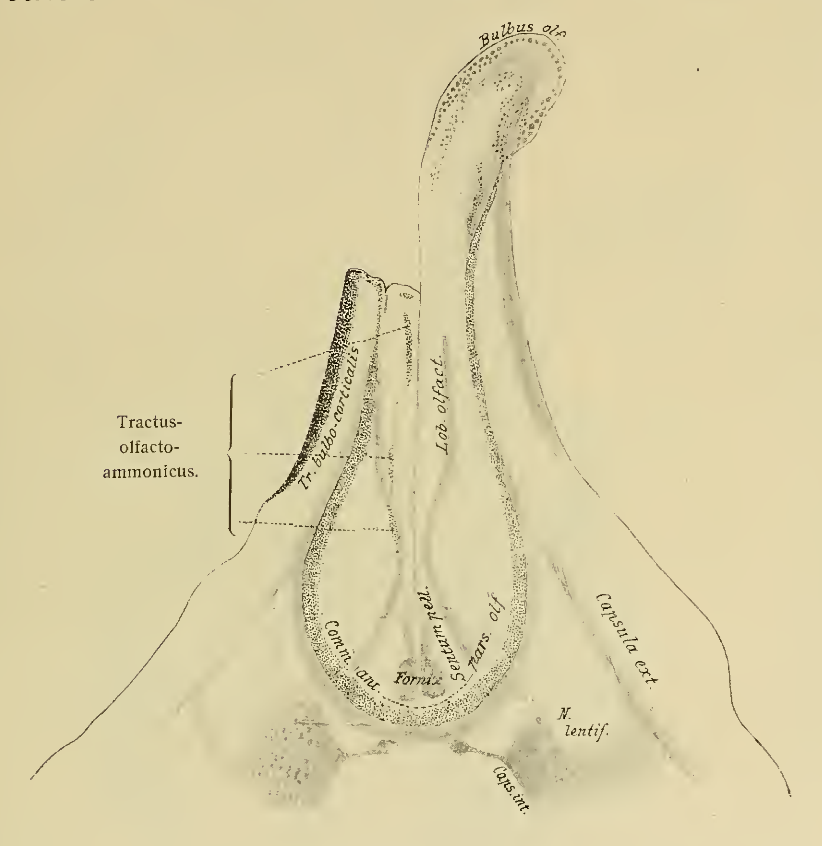


Fig. 241.

Horizontalschnitt durch das Gehirn eines Kaninchens, bei dem man 3 Wochen vor dem Tode einen Bulbus olfactorius mit einem kleinen Teile des vorderen Riechlappens abgetrennt hatte. Die laterale Riechstrahlung und die mediale, außerdem Fasern der Pars olfactoria commissurae anterioris sind degeneriert. Die degenerierten Fasern durch Osmiumsäure geschwärzt. Nach Löwenthal.

Der bereits von Ganser gesehene, dann von mir studierte Zug ist zuletzt eingehend von Wallenberg untersucht worden. Er hat ihm den Namen basales Riechbündel gegeben (s. Fig. 242).

Es ist nicht sicher bisher zu sagen, aus welcher Gangliengruppe diese Fasern stammen. Graue Massen, zwischen Schwanzkernkopf und Riechlappenrinde flach ausgebreitet, die ich am liebsten von dem letzteren trennen und als eigene Hirnabteilung — basales Grau — zusammenfassen möchte,

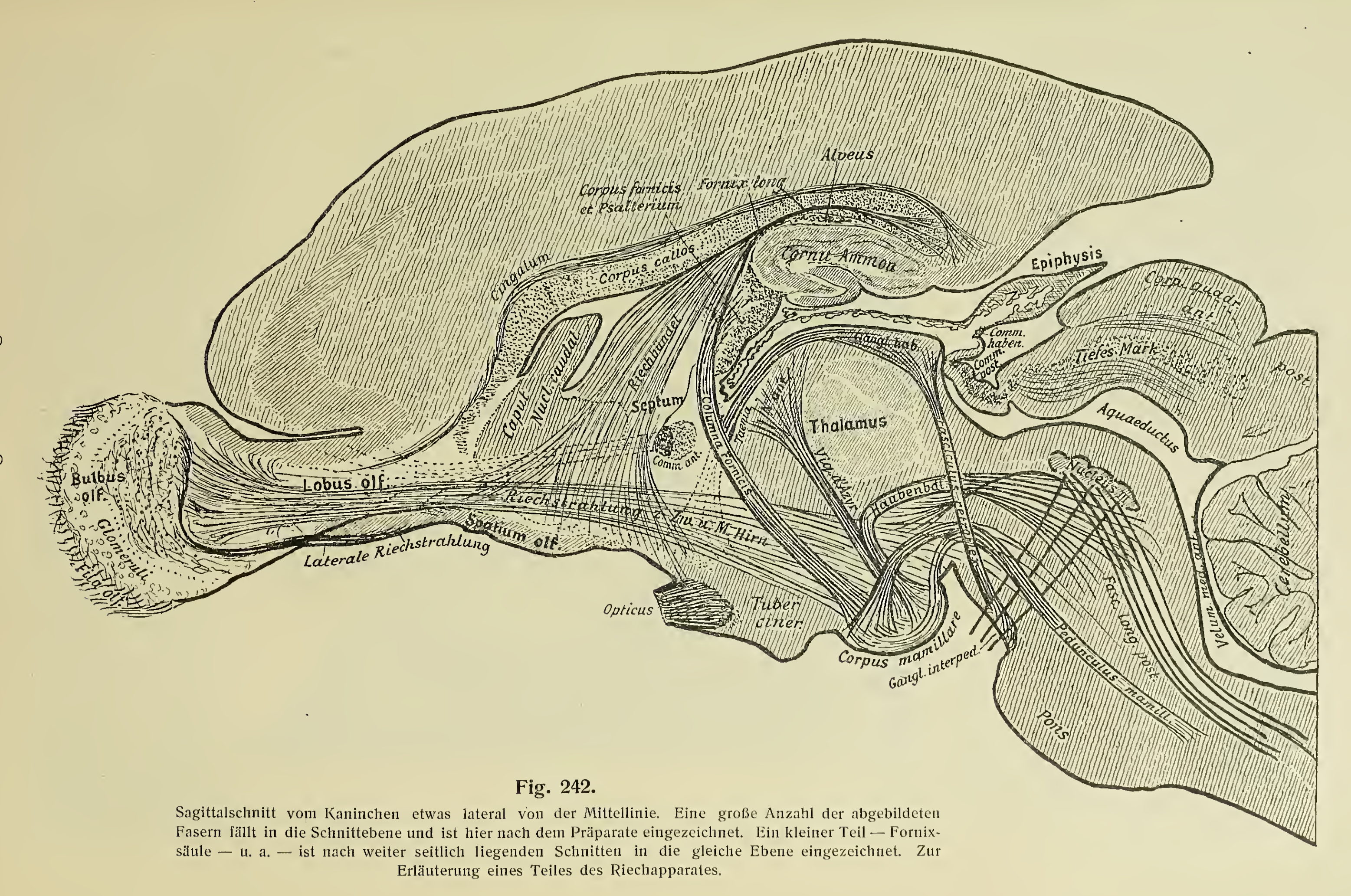


Fig. 242.

Sagittalschnitt vom Kaninchen etwas lateral von der Mittellinie. Eine große Anzahl der abgebildeten Fasern fällt in die Schnittebene und ist hier nach dem Präparate eingezeichnet. Ein kleiner Teil — Fornixsäule — u. a. — ist nach weiter seitlich liegenden Schnitten in die gleiche Ebene eingezeichnet. Zur Erläuterung eines Teiles des Riechapparates.

scheinen die Ursprungsstätte zu sein. Bei den Vögeln ist gerade diese Gegend, trotz sehr schlecht ausgebildetem Riechapparat, gut entwickelt und das basale Bündel immer vorhanden. Dort ist mir wahrscheinlich geworden, daß es dem Mechanismus des Schluckapparates angehört. Weitere hierauf gerichtete Untersuchungen an Säugern wären sehr erwünscht.

Aus dem Marke des Riechlappens und besonders aus dem feinen Markgeflecht des zentralen Grau dorsal vom Tuberculum olfactorium entspringt ein tertiärer Zug, eine Verbindung des Riechlappens mit dem Ammonshorne. Dieser zuerst von Zuckerkandl richtig beschriebene Faserzug ist später von mir als einer der ältesten Besitz-

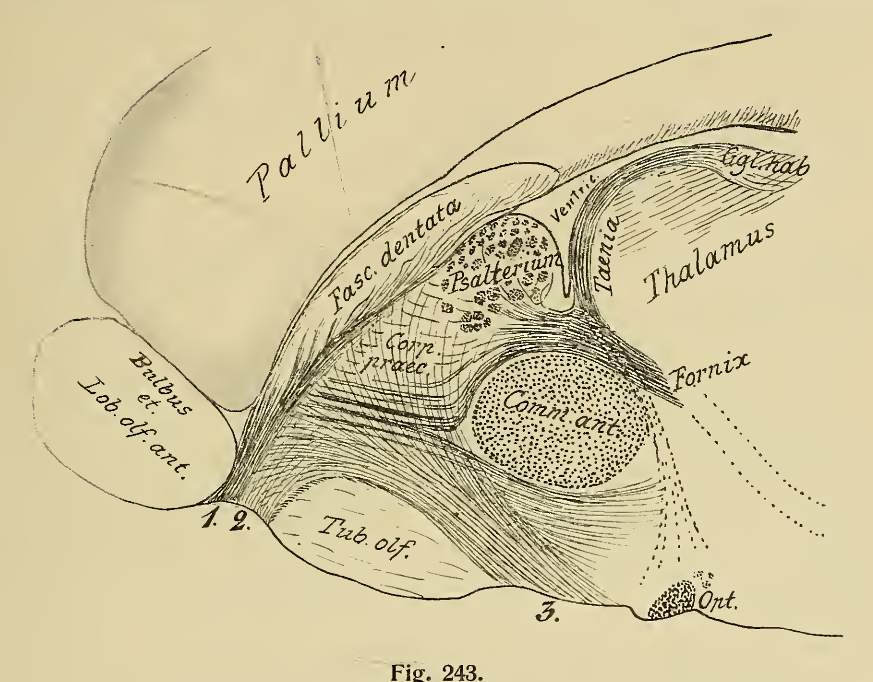


Fig. 243.

Mediale Seite des Gehirnes von Ornithorynchus paradoxus. Nach Elliot Smith. Der Faserverlauf auf dem Septum pelluc. (corp. praecommissurale).

tümer des Vertebratengehirnes erkannt worden. Er tritt schon da auf, wo sich die älteste Hirnrinde zeigt, und ist die älteste Verbindungsbahn, welche zu der Hirnrinde führt. Sein von den Amphibien bis zum Menschen nachgewiesenes Vorkommen gestattete den Schluß, daß die älteste Hirnrinde den Assoziationsprozessen dient, welche mit dem Geruch zu tun haben.

Dieser Tractus olfacto-ammonicus wird auch beim Menschen, am medialen Rande des Riechfeldes als schmaler weißer Streif sichtbar, der jenes von außen nach innen überquert und an seinem medialen Rande angekommen, dorsalwärts zieht. Seine Bündel gelangen, von Rinde bedeckt, Gyrus subcallosus (Fig. 223), an die Außenflächen des Septum pellucidum und bilden, zum Teil auch dessen graue Substanz

durchflechtend, hier einen mächtigen weißen Belag, der zahlreiche Fasern in die Ganglien des Septum abzugeben scheint. In der Hauptmasse aber zieht er weiter dorsal und kaudal, wie Fig. 242 gut zeigt, und gelangt schließlich über dem Psalterium in die Ammonswindung. Bei den höheren Säugern ist das alles nicht so leicht durchsichtig, weil sowohl das Septum als die Ammonsformation selbst nicht so ausgebildet sind. An dem Sagittalschnitte von Ornithorynchus aber, den ich in Fig. 243 vorlege, sehen Sie das Bündel 1. 2. ganz direkt aus der Basis in den Gyrus dentatus hineinziehen, der hier nicht, wie bei dem Fig. 242 abgebildeten Kaninchen, kaudal liegt, sondern weithin frontal bis über die Commissura anterior hinausreicht.

Für die Faserung und die Gesamtauffassung des Riechapparates liegen ältere Arbeiten von Meynert, Ganser, Bevan Lewis u. a. vor. Neuere wichtige Arbeiten stammen von S. Ramon y Cajal, van Gehuchten, Kölliker, Elliot Smith, C. L. Herrick, Löwenthal u. a. Die Darstellung im Texte folgt durchweg eigenen, gemeinsam mit Dr. Flatow gemachten Untersuchungen.

Wir haben jetzt die Riechstrahlung von der Nase bis zu der Ammonsformation in ihren einzelnen Abschnitten verfolgt und wollen nun noch kurz einiger Gebilde gedenken, denen wir auf diesem Wege begegnet sind.

Das Septum pellucidum-Corpus praecommissurale.

Das Septum pellucidum ist bei allen niederen Tieren eine mächtige graue Masse, die sich direkt vorn an die Schlußplatte des Gehirnes beiderseits anschließt. Mindestens zwei Ganglien — S. Ramon y Cajal — können in ihr unterschieden werden. Am mächtigsten ist es da ausgebildet, wo noch kein Balken vorhanden ist, bei den Monotremen und Marsupialiern, auch bei den Fledermäusen, wo nur wenige Balkenfasern existieren. Bei diesen Tieren ragt die Ammonswindung mit ihrer Fascia dentata bis frontal zu dem Septum und ist von diesem nur durch die Commissura hippocampi, das Psalterium getrennt. Wenn bei den höheren Säugern der Balken auftritt, grenzen seine Querfasern das Septum von oben und vorn her ab und es rückt auch das Ammonshorn weiter kaudal.

Der kaudale freie Rand des Septum ist durch den hier aus dem Ammonshorne zur Thalamusbasis ziehenden Fornix verdickt. Gerade vor ihm durchziehen die Fasern der Commissura anterior die graue Septummasse, ein mächtiges Bündel bei Fig. 243 abgebildeten Schnabeltiere, ein kleineres beim Menschen.

An der Hirnbasis treten als „Stil des Septum" die Markfasern des Tractus olfacto-ammonicus gemischt mit anderen noch unbekannter Natur in das Septum ein. Es scheint auch, als entsendeten die dort liegenden Ganglien einen Zug, vielleicht 3. der Fig. 243. Derartige Fasern noch unbekannter Endstätte hat S. Ramon y Cajal beschrieben.

Frontal von dem Septum pellucidum zieht ein frontales Stück der

Cingulumfaserung (Fig. 242) herab. Auch aus ihm treten Anteile in das Septum ein.

Das baso-mediale Grau.

In dem Gebiete ventral von der Commissura anterior und dorsal von dem Chiasma, s. z. B. Fig. 242, liegen noch nicht näher bekannte graue Kerne, Basalkerne (Ganser), die nicht scharf abgeschlossen in die benachbarte graue Substanz übergehen; diese setzt sich direkt in die frontale Infundibulumwand fort. Die Gegend, um die es sich hier handelt, ist beim Menschen nur schwach ausgebildet, bei Tieren mit gutem Riechapparat aber mächtig entwickelt. Sie wird von den Fasern des basalen Riechbündels sagittal durchmessen. Bei sämtlichen Verte-

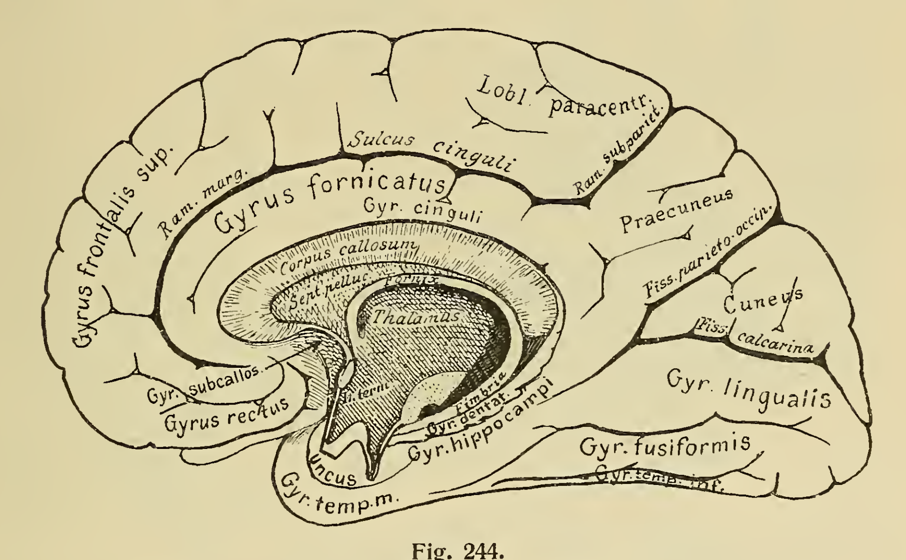


Fig. 244.

Medialseite der menschlichen Hemisphäre. Lage von Septum pellucidum und Fornix.

braten, schon bei den Fischen, entspringt hier ein mächtiges Faserbündel, das sich direkt dorsalwärts begibt, um kaudal von der Fornixsäule einherziehend auf die Medialfläche des Thalamus zu gelangen. Dieses Bündel heißt Taenia thalami.

An dem Präparat Fig. 242 sehen Sie sehr gut, wie die Taenia am Frontalpol des Thalamus aus der Tiefe kommt und dann rückwärts zum Ganglion habenulae zieht. Vergleichen Sie auch Fig. 35, 190, 191, 193, 194, 261, 262, um ein gutes Übersichtsbild über den Gesamtverlauf der Taenia zu gewinnen. Auf Fig. 242 sehen Sie, daß Taenia und Fornixsäule sich gerade frontal am Thalamus begegnen und etwas überkreuzen. Hier treten, nach Lotheißen, Fasern aus dem Fornix in die Taenia über. Sehr wahrscheinlich bekommt sie auch (s. Fig. 243) Zuzüge aus den Ganglien des Septum. Bei der Fledermaus bilden sie sogar ihre Hauptmasse. Die Taenia thalami ist also ein sehr komplexer Faserzug. Seine

Bedeutung ist noch unklar. Er stammt jedenfalls aus einer Gegend, die dem Riechapparat nahe ist und ist uralt gleich diesem. Aber bei den Vögeln, wo der Riechapparat fast fehlt, ebenso bei den Säugern mit hoch atrophiertem Riechapparat ist doch eine Taenia, bei den Vögeln sogar eine sehr starke vorhanden. Der Ursprung liegt sicher in der Basis, das Ende im Ganglion habenulae.

Bei einem Hunde, dem 18 Monate vor dem Tode der ganze Hirnmantel entfernt worden war, und dem infolge davon die ganze Strahlung aus dem Mantel fehlte, war nur der Basalteil des Gehirnes erhalten geblieben. Aus dieser konnte man sehr klar und deutlich die Riechstrahlung rückwärts zum C. mamillare und aufwärts die Taenia thalami zum Ganglion habenuale verfolgen. Die Fasern müssen in dem Basalgrau selbst ihre Ursprungsstätten haben, denn es war die Taenia nicht entartet, obgleich sie dicht vor dem Ganglion habenulae zufällig bei der Operation beiderseits sehr lädiert worden war.

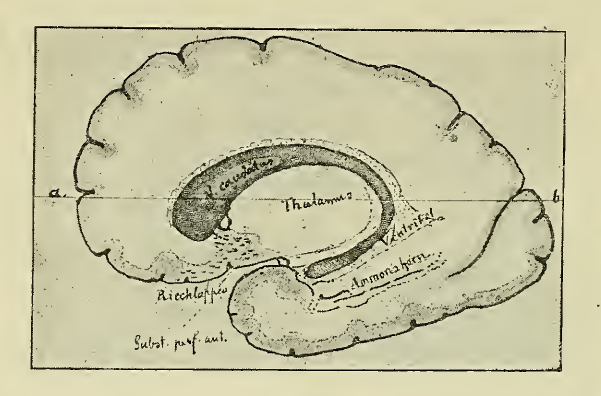


Fig. 245.

Nucleus caudatus in seiner ganzen Länge freigelegt (schematisiert).

Daß die Taenia auf ihrem Wege zum Ganglion habenulae aus dem Stratum zonale thalami, dann auch aus der Tiefe des Thalamus Zuzüge erhält und daß ihr Endapparat, das Ganglion habenulae, wieder Ausgangspunkt für neue Verbindungen ist, das wissen Sie aus früheren Vorlesungen. Wollen Sie zur Rekapitulation die Taenia auf Fig. 242 noch einmal verfolgen.

Alle Teile des Großhirnes, die wir bisher betrachtet haben, standen in irgendeiner Beziehung zu dessen Rindenapparat. Zu dem Eigenapparate des Vorderhirnes aber gehört noch ein anderer mächtiger und von der Rinde ganzunabhängiger Körper, das

Corpus striatum.

Die Masse dieses Körpers erhebt sich, wie Sie aus der fünften Vorlesung wissen, aus dem Boden des Hemisphäriums, sie bildet dessen Stammabschnitt und wölbt sich mit dem Boden, wenn es zur Umkrümmung des Schläfenteiles kommt, ventralwärts, so daß sie im Dache des Unterhornes sichtbar wird.

Durch die aus der Rinde kommende Faserung wird das Striatum in zwei mächtige Anteile zerlegt, die unter sich noch durch zahlreiche graue Zellbrücken zusammenhängen. Der laterale Anteil Putamen gerät in die Tiefe der Hirnfaserung, der mediale, Nucleus caudatus, bleibt im Innern des Ventrikels immer sichtbar.

Dem lateralen Anteil liegt medial ein mehrgeteilter, in seinem Wesen noch ganz unklarer Körper, der Globus pallidus, da an, wo er an die aus der Rinde strahlende Faserung grenzt. Ebenso hat er lateral, da wo er der Inselrinde nahe kommt, ein anliegendes Ganglion, eine hohe langgestreckte Platte, die etwa der Inselrinde parallel läuft, das Claustrum, und schließlich muß aus vergleichend anatomischen Gründen eine dritte Ganglienmasse dem Striatum zugerechnet werden, der Nucleus amygdalae, ein mächtiger Kern, der aus dem Hirnstamm gerade da ventralwärts hervorragt, wo der Uncus des Schläfenlappens liegt.

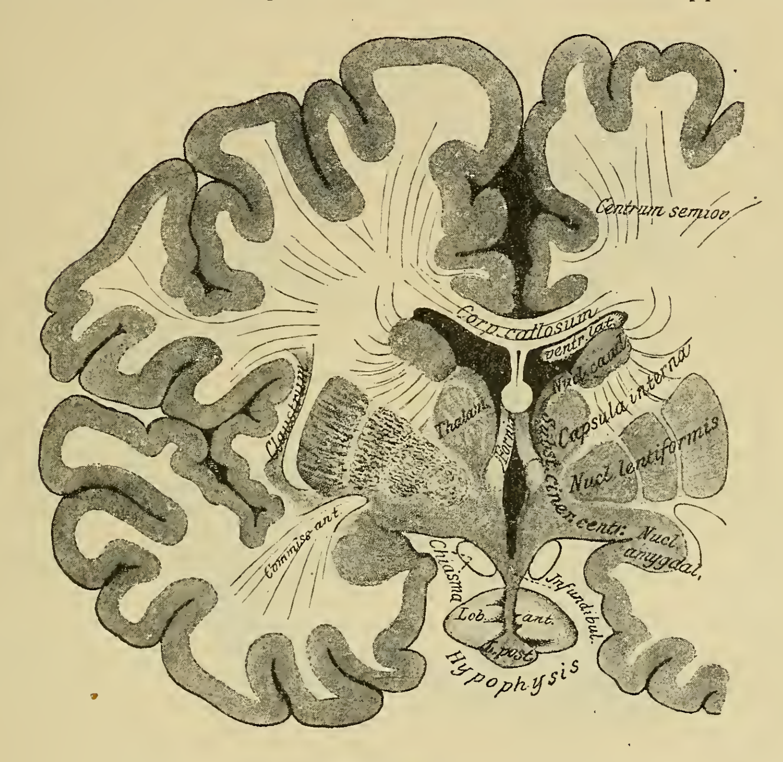


Fig. 246.
Frontalschnitt durch das Vorderhirn dicht hinter den Fornixsäulen.

Putamen und Globus pallidus zusammen bilden auf jedem Schnitte durch das Gehirn eine einheitliche Masse. Man bezeichnet sie im Gegensatz zu dem Nucleus caudatus als Nucleus lentiformis.

Am schnellsten orientieren Sie sich über diese Dinge an einem Frontalschnitt, den ich dicht hinter dem Chiasma durch das ganze Gehirn legen will.

Die von dem Corpus callosum zusammengehaltenen Hemisphären, das unter jenem liegende Septum pellucidum mit den Fornixsäulen sind Ihnen bekannt. Frei in den — schwarz gehaltenen — Ventrikel ragt der Schnitt durch den Nucleus caudatus und von ihm durch die aus der Rinde abwärts tretenden Fasern, getrennt liegt in der Tiefe das Putamen mit dem ihm medial an-

liegenden Globus pallidus. Rindenfasern treten zwischen diese Glieder des Nucleus lentiformis, ebenso Eigenfasern aus den Ganglien, weiße breite Septa bildend. Lateral, wieder durch Rindenfasern getrennt, liegt das Claustrum und ventral der Nucleus amygdalae.

An dem Sagittalschnitt der Fig. 245 sehen Sie, daß der Kopf des Schwanzkernes die Hirnbasis fast erreicht. Er ist in diesen frontalsten Abschnitten von dem Kopfe des Linsenkernes kaum getrennt, bei den meisten Säugern bildet er mit ihm eine einzige medial an das Corpus paraterminale grenzende Masse. Bei dem Menschen ragt der Kopf

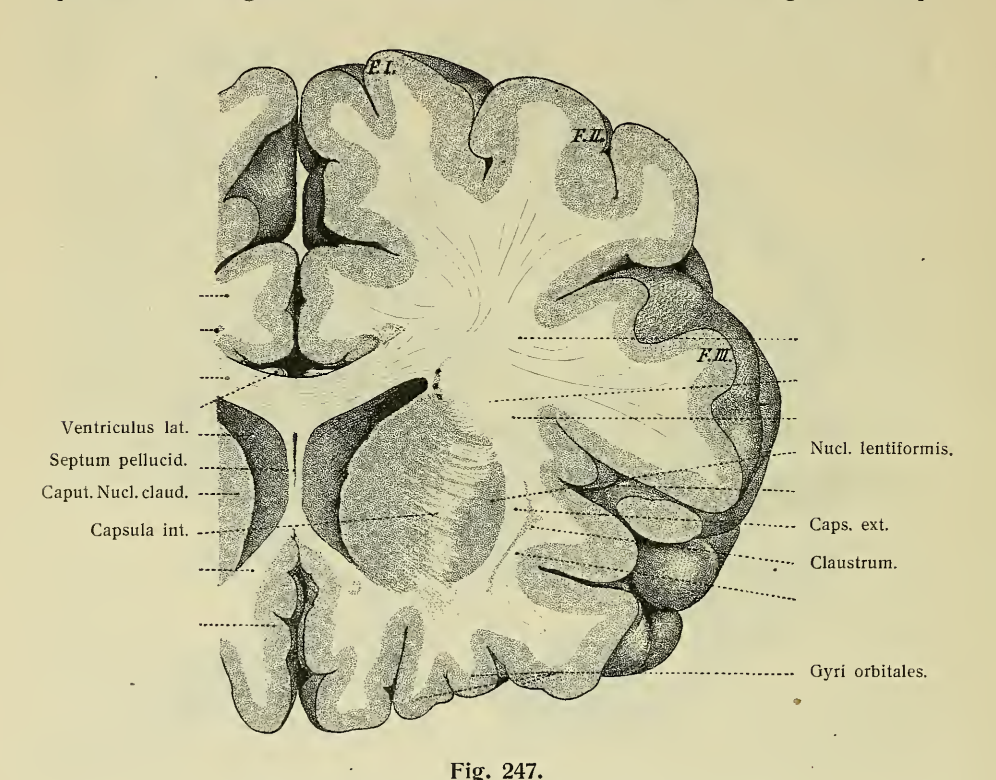


Fig. 247.

Frontalschnitt durch das Gehirn, der den Kopf des Striatum trifft.

weithin in den Stirnlappen hinein und ist durch das Mark der stark entwickelten Stirnwindungen von der Hirnbasis getrennt (Fig. 247).

Auch wo diese, wie bei den meisten anderen Säugern, fehlen, liegt das Striatumgrau dem basalen Grau und der Riechlappenrinde nicht direkt auf. Es schiebt sich zwischen beide weiße Substanz und ein Stück des Claustrum ein.

Aus dem Putamen und aus dem Nucleus caudatus entspringt die Eigenfaserung des Stammganglions. Außerdem wird das Ganglion durchzogen von einer aus der Rinde entspringenden Faserung, der Haubenfaserung. Die genannten grauen Massen entlassen diese Eigen-

züge in zahlreichen feinen, auf jedem Schnitt sichtbaren Zügen (Fig. 246 links im Putamen).

Die Eigenfaserung des Stammganglions verbindet dasselbe mit den Ganglien des Zwischenhirnes. Radiatio-strio-thalamica. Sie zieht zum Teile im vorderen Kapselschenkel, zum Teile — soweit sie aus dem Putamen kommt — unter der Kapsel an der Hirnbasis hinweg, dem Zwischenhirne zu. Dabei muß sie die Stelle, wo die Kapselfasern frei als Hirnschenkelfuß an die Hirnbasis gelangen, umgreifen. Dieser Teil wird als Linsenkernschlinge, Ansa lentiformis, bezeichnet. Er enthält wesentlich die Fasern aus dem Putamen.

Die ganze Faserung ist bereits in der 17ten Vorlesung beschrieben. Dort ist auch bereits erwähnt, daß es sich hier um einen sehr alten und offenbar für den Gesamtmechanismus des Gehirnes sehr wichtigen Faserzug handelt. Denn bei allen Wirbeltieren, von den Fischen bis hinauf zu den Säugern, läßt sich ein starkes Faserbündel nachweisen, das im Corpus striatum entspringt und zum Teile in den Zwischenhirnkernen endet, zum Teile weiter hinabzieht. Beim Menschen ist es schwer aufzufinden, weil sich zu viele Züge aus dem Mantelgebiete, der Rinde, ihm zugesellen. Doch habe ich dieses basale Vorderhirnbündel bei frühen Embryonen erkannt, und es sind wahrscheinlich seine Fasern, die Wernicke und Flechsig, als aus dem Corpus striatum entspringend, beschrieben haben. Der letztere hat auch die Verbindung mit dem Thalamus erkannt. Es muß aber erwähnt werden, daß einzelne Züge dieses Systemes schon von Meynert richtig nach Ursprung und Ende erkannt waren.

An dem oben erwähnten, absolut entrindeten Hunde ist mir der volle Nachweis des Verlaufes der aus dem Stammganglion entspringenden Faserzüge geglückt. Bei diesem Tiere war die ganze aus der Rinde kommende Stabkranzfaserung sekundär degeneriert und fast verschwunden. Man erkannte da mit aller Sicherheit, daß aus dem Kopfe des Schwanzkernes und aus dem Putamen sehr mächtige Fasermassen sich entwickelten, die im frontalen Abschnitte der Kapsel basalwärts und zugleich etwas kaudalwärts zogen. Der größte Teil dieser Fasermasse wendete sich rasch nach innen und löste sich in den Thalamusganglien auf; was weiter hinab gelangte, zog allmählich auch immer mehr medianwärts, um in den Ganglien der Gegend unter und hinter dem Thalamus zu verschwinden. Im Bereiche der hinteren Vierhügelgegend war die ganze vorn so mächtige Faserung in die Ganglien übergetreten. Ihre letzten Züge hatte die Substantia nigra aufgenommen. Die Arbeiten von Maheim und von Monakow über sekundäre Degenerationen nach Erkrankung im Bereiche des Stammganglions zeigen, daß die dort entspringende Faserung auch beim Menschen sich so verhält, wie sie das Schema Fig. 248 wiedergibt.

Es bildet also die Radiatio strio-thalamica einen mächtigen Verbindungsweg zwischen dem Stammganglion und den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirnes.

Die Faserung aus dem Globus pallidus ist bei Säugern noch nicht entwirrt. Es handelt sich um reiche, zumeist markhaltige Bündel, welche gemischt mit denen aus dem Putamen dem medialen basalen Ende des Nucleus lentiformis zustreben, aber auch um zahlreiche innerhalb dieser Züge rückläufig gebogene Fasern.

Ebenso ist die Faserung aus oder zu der Vormauer noch unbekannt.

Der Nucleus amygdalae, der vielfach gar nicht zum Corpus striatum gerechnet wird, gehört diesem deshalb an, weil bei den Reptilien und Vögeln ein in der Faserversorgung ganz gleicher Kern direkt lateral dem Stammganglion aufsitzt und sich mit ihm entwickelt. Das Stammganglion der Vögel ist in deren Gehirn weitaus der mächtigste Körper, ihm gegenüber tritt die Rinde an Masse durchaus zurück. Deshalb läßt sich hier über einige prinzipielle Punkte besser Sicherheit gewinnen als bei den Säugern. Bei den Vögeln nennt man die mächtige dorsale Masse, welche im wesentlichen dem Caudatus und dem Putamen entspricht: Hyperstriatum, den Globus pallidus Mesostriatum und den Nucleus amygdalae Epistriatum, Namen, die vielleicht auch für die Säugeranatomie zweckmäßiger wären.

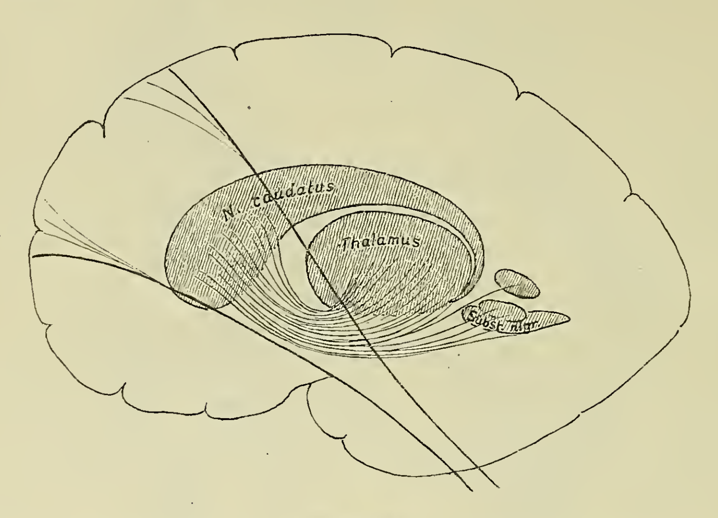


Fig. 248.

Die aus dem Schwanzende entspringende Faserung zu den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirnes. Radiatio strio-thalamica. Die Linsenfaserung weggelassen, sie würde vom Beschauer nach dem Thalamus hin verlaufen.

Eröffnet man die Ventrikel des menschlichen oder eines Säugergehirnes von oben, wie das in Fig. 35 abgebildet ist, so erblickt man medial von dem Nucleus caudatus, seinem ganzen medialen Rande folgend und ihn von dem Thalamus scheidend, ein starkes weißes Faserbündel, das von einer Vene bedeckt im Halbbogen über die großen Ganglien des Hirnstammes hinwegzieht. Dieses Bündel ist die:

Taenia semicircularis.

Aus dem basalen Grau nahe der Taenia thalami entspringend, tauchen ihre Fasern direkt an der Commissura anterior aus der Tiefe empor und bleiben nun immer am lateralen Rande des Schwanzkernes liegen, den sie bis in das Unterhorn begleiten. Schließlich enden sie in dem Nucleus amygdalae (Fig. 261, 262). Fig. 240 ist das gut zu sehen.

Das Vorderhirn immer scharf vom Zwischenhirn abgrenzend, gehört dieser konstante Zug, das erweisen auch seine Beziehungen zur Tela chorioidea, dem idealen Boden des Hemisphäriums an. Als dieses in früher Embryonalzeit den Thalamus überwuchs, hat sich das Bodenbündel auf den Thalamus gelegt.

Auch die Taenia semicircularis ist ein uralter Zug, der schon zu den Grundmechanismen des Gehirnes gehören muß. Schon bei den Fischen und Reptilien vorhanden, Tractus olfacto-epistriaticus dort genannt, erreicht er bei den Vögeln eine enorme Ausdehnung. Öffnen Sie etwa den Schädel einer Gans, so finden Sie die ganze Gehirnbasis von einer dicken weißen Faserschicht überdeckt, die aus dem ventrofrontalen Hemisphärengebiet kaudalwärts zieht, um im Epistriatum — das ist unser Nucleus amygdalae — zu enden. Man kann den Verlauf bei den Vögeln deshalb so gut verfolgen, weil, da der Thalamus — ganz wie beim menschlichen Embryo — nicht in das Hemisphärium hineingerückt ist, sondern kaudal bleibt. Schöbe man den Vogelthalamus frontalwärts, so würde er, ganz wie der Säugerthalamus, medial von dem Striatum zu liegen kommen und die Faserung der Hirnbasis würde ihn dann ganz wie die Taenia thalami überkreisen müssen, um zu ihrem Endpunkt zu gelangen.

Es gibt kaum einen Punkt, der so sehr beweist wie weit bisher noch unsere Beobachtungsfähigkeit zurück ist, als der Umstand, daß wir bis heute weder von den Funktionen des Corpus striatum noch von den Symptomen etwas wissen, die eintreten, wenn es zerstört oder wenn es gereizt wird. Da ist ein mächtiger Hirnteil, der von enormer Bedeutung sein muß, sonst wäre er nicht von den Fischen an aufwärts vorhanden, ein Hirnteil, der bei den Vögeln die Hauptmasse des ganzen Großhirnes ausmacht, zudem ein Gebilde, in dem außerordentlich oft beim Menschen Krankheitsherde gefunden werden und doch hat niemals jemand ein Symptom entdeckt, das von ihm ausgeht. Was bisher als Striatumsymptome beschrieben wurde — Hemiplegie, Tremor, vasomotorische Störungen, das alles könnte auch durch Mitbeteiligung der immer nahen Capsula interna entstehen.

Am wahrscheinlichsten ist es noch, daß ein vertieftes Studium der Hirnphysiologie der Vögel weiter hilft, weil diese nur eine minimale Rinde besitzen. Bei ihnen lassen sich auch die einzelnen Ganglien des großen Komplexes isoliert reizen oder zerstören. Ist es erlaubt, aus vergleichend psychologischen Beobachtungen weitergehende Schlüsse zu ziehen, so erscheint mir noch am wahrscheinlichsten, daß dem Striatum für Motilität und Sensibilität eine Rolle zukommt, die wir nur deshalb noch nicht erkannt haben, weil unsere Untersuchungen an Tieren angestellt werden, welche neben dem Striatum noch einen mächtigen Rindenapparat besitzen. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß ein guter Teil von dem, was man kurz als Spontaneität der Bewegung bezeichnet, durch das Striatum vermittelt wird. Die Versuche an Fischen mit abgetrenntem Großhirne weisen darauf hin, ebenso die bekannten Versuche an enthirnten Tauben.

Zweiundzwanzigste Vorlesung.

Die Verbindungen des Vorderhirnes mit anderen Gebieten. Stabkranz und Capsula interna. Einiges von der Funktion des Gehirnes.

M. H.! Aus allen Teilen der Vorderhirnrinde entspringen zahlreiche Fasern, welche das Vorderhirn mit den tieferliegenden Teilen des Zentralnervensystems verknüpfen. Sehr viele dringen in das Zwischenhirn ein, andere lassen sich bis zu den grauen Massen des Mittelhirns und bis zu den Nervenkernen der Brücke verfolgen, in denen sie zunächst zu enden scheinen. Eine Anzahl zieht weiter hinab durch die Kapsel, den Hirnschenkel, die Brücke und das verlängerte Mark bis zum Rückenmarke, wo die Fasern in verschiedenen Höhen in die graue Substanz eintreten.

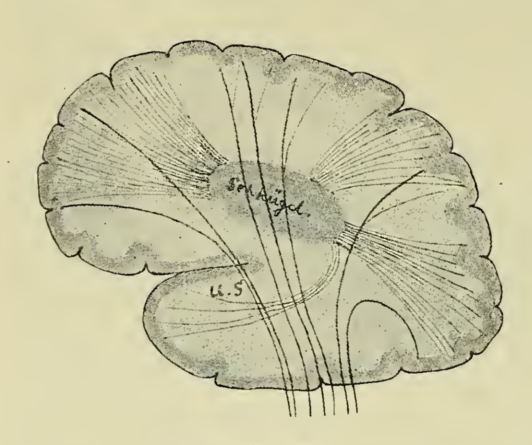


Fig. 249.
Schema der Stabkranzfaserung; der Stabkranz zum Thalamus besonders berücksichtigt. *U. S.* unterer Stiel.

Diese von der Rinde nach abwärts ziehenden Fasern bezeichnet man in ihrer Gesamtheit als Stabkranz. Sie machen sich kein schlechtes Bild von diesem, wenn Sie sich einmal den Sehhügel losgelöst unter der frei darüber schwebenden Kappe der Hemisphärenrinde denken und nun annehmen, daß von allen Teilen dieser Rinde gegen ihn hin Nervenfasern verlaufen. Von diesen dringen Züge aus dem Stirnlappen, dem Parietallappen, dem Schläfen- und Hirnhauptlappen in ihn ein. Vielleicht auch noch Faserzüge aus der Rinde am Eingange der Fossa Sylvii und welche aus dem Ammonshorne (im Fornix verlaufend). Ein anderer Teil der Züge des Stabkranzes geht aber nicht in den Thalamus, sondern strebt an seiner lateralen Seite vorbei, weiter hinab, tieferen Endstationen zu.

Der Stabkranz setzt sich also zusammen aus Fasern, die zum Thalamus, und aus Fasern, die zu tieferliegenden Teilen gehen.

1. Tractus cortico-thalamici und thalamo-corticales.

Zum Thalamus gelangen fast aus der ganzen Rindenoberfläche Fasern und nicht nur so wenige Bündel, wie das vorstehende Schema zeigt. Diese Fasern vereinen sich nahe am Sehhügel zum Teile zu dichteren Bündeln, welche man als Stiele des Sehhügels bezeichnet.

Monakow hat auf Grund zahlreicher Fälle von sekundärer Degeneration nachweisen können, daß jedem der Thalamuskerne eine ganz be-

stimmte Rindenzone ihre Fasern sendet. Er konnte auch ermitteln, daß alle diese Züge doppelläufig sind, daß je einem nach Rindendegeneration entartenden Fasersystem auch ein solches entsprach, welches nach Thalamusherden rindenwärts zerfällt. Genauere Kenntnis über den letztgenannten Anteil haben wir dann durch schöne Untersuchungen von Probst erhalten.

Von diesen Stabkranzbündeln des Thalamus, die schon bei Schilderung des Zwischenhirnes beschrieben wurden, interessieren aus klinischen und physiologischen Gesichtspunkten zwei ganz besonders, die Bahn aus der Region etwa der hinteren Zentralwindung zu den ventralen Thalamuskernen und der Umgebung des roten Haubenkernes, die Haubenstrahlung und die Bahn aus der Rinde in der Umgebung des Sulcus calcarinus zu den primären optischen Endstätten, die Sehstrahlung.

Die Haubenbahn endet gerade da, wo aus dem Rückenmarke und dem verlängerten Marke aufsteigend auch die Bahnen für das Gefühl enden. Deshalb dürfen wir in der erwähnten Bahn die Fortsetzung eines beträchlichen Teiles der sensiblen Strahlung zur Rinde erblicken.

Die sensible Faserung aus der Großhirnrinde zu dem Thalamus sammelt sich wahrscheinlich aus einem sehr viel ausgedehnteren Gebiete als es für ihre Hauptmasse eben angegeben wurde. Denn es treten kaum je nach Rinden- oder Markfelderkrankungen totale halbseitige Gefühlstörungen ein. Erst wenn in der Gegend wo die Bahn in den Thalamus tritt oder in diesem selbst eine Zerstörung erfolgt, wird die gekreuzte Körperhälfte gefühllos. Herde, welche die Bahn nicht zerstören, sondern reizen, können zu halbseitigen, sehr heftigen Schmerzen führen. Derlei wird nicht selten nach Apoplexien beobachtet.

Flechsig, der diese Faserung zuerst als Haubenfaserung aus dem Markweiß abgeschieden hat, nimmt an, daß sie nicht im Thalamus ende, vielmehr zu größtem Teile weiter kaudalwärts ziehe, um erst in den Kernen der Hinterstränge zu enden. Meine eigenen Untersuchungen und viele in der Literatur niedergelegte Erhebungen anderer zeigen, daß sie, wenn die Rinde erkrankt, abwärts nur bis in die ventrale Thalamusgegend entartet. Ihre Fasern ziehen auf zwei Wegen in die Gegend der ventralen Thalamusganglien, einmal ganz direkt durch die Capsula interna, dann aber zu gutem Teile auch unter Passierung der Laminae medullares zwischen den Innengliedern des Linsenkernes, wo sie sich dann an der medialen Linsenkernkante wieder mit den direkt verlaufenden Fasern vereinen. Diese Züge sind nächst dem Olfaktorius die ersten, welche sich im Großhirne mit Mark umgeben. Sie allein sind bei Föten aus dem 8. bis 9. Monate als dünne, weiße Züge in der inneren Kapsel, die zu dieser Zeit grau aussieht, zu erkennen (Fig. 250).

Im kaudalen Gebiete des Thalamus liegen das Pulvinar und das Geniculatum laterale, mit dem vorderen Vierhügel die primären End-

stätten des Sehnerven. Auch zu ihnen sind die kortikalen Zuzüge wohl bekannt. Sie ziehen, aus dem Marke des Hinterhauptlappens sich sondernd, in fast horizontaler Richtung vorwärts und enden in Gangliengruppen des kaudalen Thalamusgebietes. Auf Fig. 252 ist dieser Tractus occipito-thalamicus, die „Sehstrahlung“ nach einem Horizontalschnitte durch das Gehirn eines neunwöchentlichen Kindes eingezeichnet.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch in der Sehstrahlung Fasern zweierlei Herkunft vorhanden sind, solche aus Zellen der primären Zentren zur Rinde und solche aus Rindenzellen zu diesen Zentren. Bei zerstörenden Krankheitsherden im Hinterhauptlappen und im hintersten Teil der inneren Kapsel treten ganz ähnliche Sehstörungen auf, wie wenn der Sehnerventraktus der betreffenden Seite gelitten hätte. Es fällt die äußere Netzhauthälfte des gleichseitigen und die innere des entgegengesetzten Auges aus.

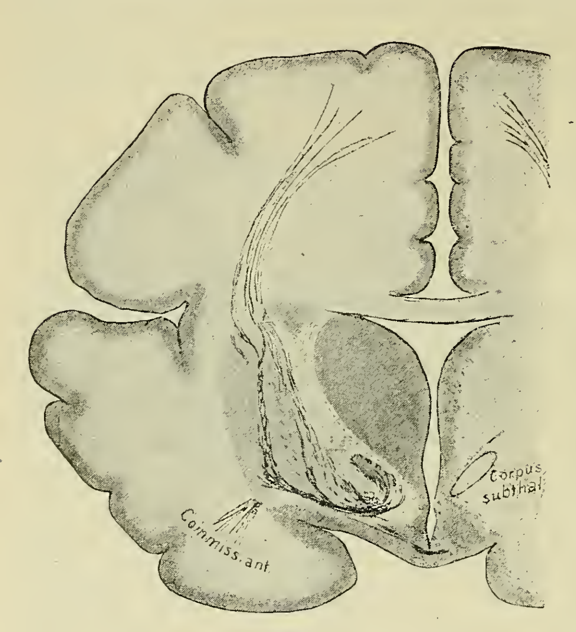


Fig. 250.

Frontalschnitt durch das Gehirn eines Fötus von etwa 32 Wochen. Alle markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin schwarz gefärbt. Haubenstrahlung (oben), Linsenkernschlinge (unten) und vordere Kommissur (außen unten) sind markhaltig. Im Putamen und Nucleus caudatus noch keine markhaltigen Fasern.

Auf Fig. 251 einem Frontalschnitte durch die Gegend der primären optischen Endstätten, erkennt man die Lage der Stabkranzbündel aus dem Occipitalhirne zu diesen und sieht einen Teil direkt einstrahlen.

Die Stabkranzbündel aus dem Ammonshorne enden ebenfalls zum größten Teile im Zwischenhirn. Sie treten da in das Corpus mamillare ein. Um dieses und ihre anderen Endstätten zu erreichen, müssen sie den ganzen Thalamus dorsal umgürten. Es sind die Ihnen längst bekannten Züge des Fornix, deren Verlauf Fig. 242 dargestellt ist. Im Ammonshorne endet, wie Sie wissen, ein mächtiger Zug aus den primären Rindenfeldern des Geruchsapparates, der Stabkranzanteil dürfte also die Rindenthalamusverbindung für den Geruchsinn darstellen.

Das Mark der Ammonswindung, die Fimbria, ist als weißer Belag an ihrer Innenseite sichtbar (Fig. 251). Aus den medialeren Fimbria-

fasern stammt die Kreuzung des Ammonsmarkes, das Psalterium, aus den lateraleren und aus dem Psalterium selbst sammelt sich als weiteres Bündel die Fornixsäule. In längsgerichteten Züge tritt sie frontalwärts, legt sich neben das hier eintretende Riechbündel für eine kurze Strecke an, verläßt es aber bald wieder, um sich nach abwärts der Hirnbasis zuzuwenden.

Zunächst erreicht sie das Grau des Septum und diesem gibt sie Fasern ab, weitere treten an der Septumbasis in das mediale Grau

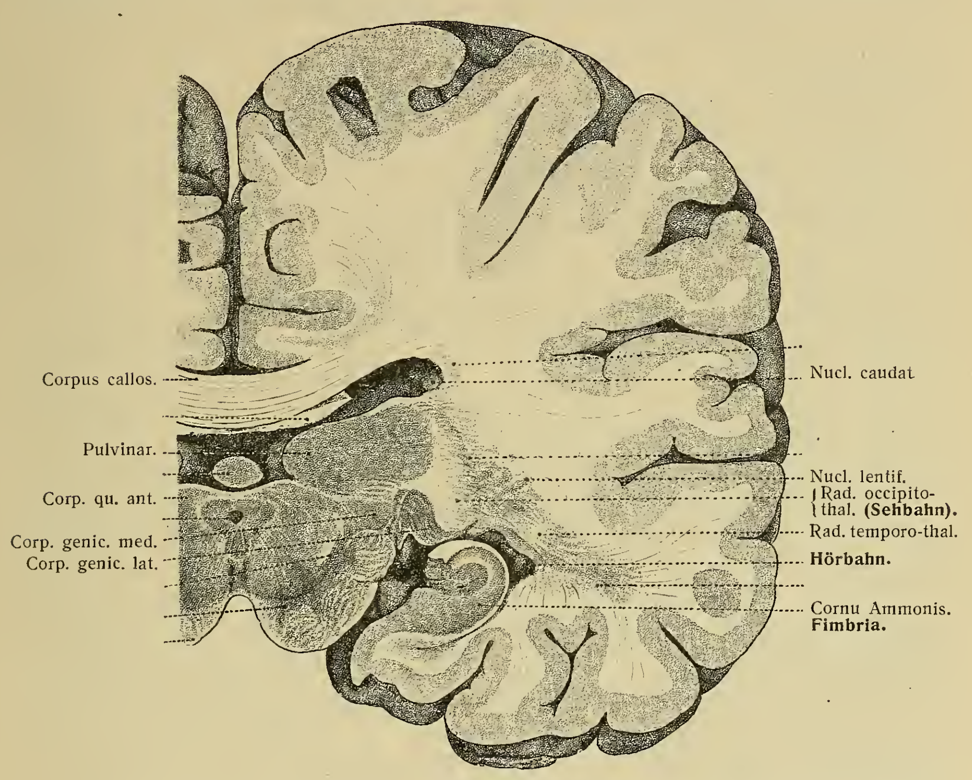


Fig. 251.

Frontalschnitt durch das Vorder- und Zwischenhirn. Kaudalster Abschnitt der Capsula interna. Die zentrale Sehbahn und die zentrale Hörbahn. Ursprung der Fimbria.

und der Rest erreicht schließlich das an der Hirnbasis liegende Corpus mamillare (S. 230). Hier enden im lateralen Ganglion die meisten Fasern. Nur ein kleiner nach der Tierart wechselnder Anteil zieht weiter und kreuzt dorsal vom Mamillare um in noch unbekannte Haubenregionen einzutauchen.

Der Fornix ist also der Teil des Markes aus der Ammonswindung, welcher, nicht zu Kommissuren verbraucht, dieses Mark mit dem Zwischenhirne verbindet.

Sie wissen (S. 318), daß die Oberfläche des Balkens von einer atrophischen Verlängerung der Ammonsformation bedeckt ist. Auch

aus dieser entwickeln sich Fornixzüge. Sie müssen, um zur Hauptmasse des Fornix zu gelangen, entweder vorn um den Balken herum ventralwärts ziehen, oder auch seine mächtigen Massen durchqueren. Beides geschieht, und so sammelt sich an der Unterseite des Corpus callosum ein weiteres zum Fornix schließlich ziehendes Bündel. Es heißt Fornix longus. Seine Fasern liegen immer dicht unter dem Balken und wenden sich vorn als die medialsten Bündel der Fornixsäule hinab mit dieser zur Tiefe des Zwischenhirnes. Es ist fraglich, ob dieser Anteil der Fornixsäulen das Corpus mamillare erreicht. Wahrscheinlich endet er zu gutem Teil schon im basalen Grau und im Septum pellucidum.

2. In das Mittelhirn gelangen Rindenzüge teils aus dem Occipitallappen innerhalb der Sehstrahlung, teils aus dem Temporallappen zu den Endstätten der sekundären Hörnervenstrahlung. Bis hinauf zu den Ganglien des Mittelhirnes ragt nämlich die aus den Endkernen des Akustikus stammende Faserung. Dort endet sie zunächst, aber aus den Endstätten entwickelt sich der kortikale Traktus.

Diese Stabkranzfasern sind auf Fig. 251 gut sichtbar. Sie stellen nach ihrem ganzen anatomischen Verhalten die Bahn dar, welche den Gehörapparat mit den mächtigen Zentren des Schläfenlappens zunächst, dann aber durch dessen Assoziationsbahnen mit einem guten Teile des übrigen Gehirnes verbindet. Auch die klinische Erfahrung spricht dafür.

Aber damit ist die kortikale Faserung noch nicht erschöpft. Ihre kaudalsten Ausläufer gelangen in die Brücke, in die Oblongata und in das Rückenmark.

3. Die Tractus corticis ad pontem zerfallen in die mediale Brückenbahn aus dem Stirnlappen und die laterale aus dem Occipital- und Temporallappen. Die Fasern enden in der Brücke in mächtigen Ganglien, aus denen dann Arme zum Kleinhirne entspringen (Flechsig).

4. Zu den Kernen der beim Sprechen notwendigen Nerven in der Oblongata gelangt die Sprachbahn, Tractus cortico-bulbaris. Ihr Ursprung in der Rinde der unteren Frontalwindung, ihr Verlauf durch das Marklager außen am Schwanze des Nucleus caudatus dahin und ihre Endigung in den betreffenden Kernen ist aus genau sezierten, klinisch beobachteten Fällen erschlossen. Direkt anatomisch dargestellt ist sie noch nicht. Die Sprachbahn liegt da, wo sie über den vorderen Teil des Nucleus lentiformis dahinzieht, der zentralen Hypoglossusbahn sehr nahe. In ihr liegen höchstwahrscheinlich die kleinen Züge, welche der willkürlichen Stimmbandbewegung dienen.

Klinische Erfahrungen — ich habe nach einem ganz kleinen einseitigen Herde im Marklager doppelseitige Hypoglossus- und Sprachlähmung gesehen — lassen es sehr wahrscheinlich erscheinen, daß jede Hemisphäre mit dem gleichseitigen und dem gekreuzten Kernapparat der Oblongata verbunden ist. Dasselbe haben Versuche von

Horsley und Semon für die Stimmbandnerven nachweisen können. Es ist seitdem mehrfach bestätigt worden.

5. Die Tractus cortico-spinales entstammen nur der Rinde der Zentralwindungen und des Parazentrallappens. Sie ziehen hinab bis in die Seiten- und Vorderstränge des Rückenmarkes, Pyramidenbahn.

Sie sind experimentell (Entartung nach Gehirnabtragung bis in das Rückenmark) jetzt nachgewiesen für Mensch, Affen, Hund, Katze, Kaninchen, Ratte, Maus, Eichhorn, Meerschwein. Bei den letztgenannten drei Arten wird nicht der Seitenstrang, sondern der Hinterstrang des Rückenmarkes erreicht.

Es existieren zweifellos noch eine ganze Anzahl verschiedener Stabkranzsysteme. Für Untersuchungen, die auf ein Finden solcher gerichtet sind, bilden Gehirne mit frischen apoplektischen Herden ein vortreffliches Material. Ca. 3 Wochen nach dem Eintritte eines solchen Herdes wird man bei Anwendung der Marchischen Osmiummethode immer absteigend degenerierende Faserzüge finden können, die weitab vom Herde dahinziehen.

Auch die Gehirne von Kindern aus den ersten Lebensjahren sind sehr lehrreich. Dort umkleiden sich die Fasern zu verschiedenen Zeiten mit Mark, und am Ende des zweiten Jahres ist, soweit wir jetzt wissen, der ganze Stabkranz markhaltig geworden.

Nach Flechsig erhalten vor den übrigen Teilen des Gehirnes die Sinneszentren ihr Mark. Es tritt die Markscheidenbildung dort meist schon vor der Geburt oder doch in den ersten Lebenswochen ein. Die Entwicklung geschieht aus der Tiefe rindenwärts und zwar zuerst zur Rinde der Zentralwindungen, besonders der hinteren Windung, also zu den sog. motorischen Zentren. Dann zur Rinde des Cuneus und der ersten Occipitalwindung, dem Gebiete, in welches wir die Sehzentren verlegen, und in die Querwindungen des Schläfenlappens, die vielleicht dem Gehörsinne zugeordnet sind. Außerdem erhalten sehr früh die dem Riechhirne angehörigen Rindenteile, die meisten Teile der Randwindung und des Ammonshornes ihr Mark. Ein geringer Teil der Sinneszentren, so die erste Schläfenwindung, erhält sein Mark erst 1—2 Monate nach der Geburt.

Von den „Sinneszentren" möchte Flechsig scharf einige Hirnteile trennen welche keine oder relativ wenig Stabkranzfasern hätten und zu wesentlich späteren Zeiten ihre Markscheiden ausbilden. So erhalten die obere und die mittlere Stirnwindung, dann die mittlere und untere Schläfenwindung, ferner die untere Parietalwindung und ein Stück des Gyrus fornicatus ihr Mark erst 3—4 Monate nach den vorhin genannten Hirnteilen. Diese und einige andere Rindengebiete, welche schon etwas früher ihr Mark erhalten, nennt Flechsig „Assoziationszentren", weil sie im wesentlichen nur Assoziationsfasern, die aber auch in allen anderen Zentren nicht fehlen, enthalten. Es ist aber von verschiedenen Seiten nachgewiesen, daß auch von diesen Hirnteilen mindestens zum Thalamus Stabkranzfasern gehen. Überhaupt hat es nicht an Widerspruch gegen diese ganze Einteilung der Rindenoberfläche in Assoziations- und Projektionsfelder gefehlt, zumal ihr Urheber daran eine Hypothese des geistigen Geschehens knüpfte, die vielfach anfechtbar scheint.

Diese ganze Frage ist noch durchaus im Flusse, aber sie erscheint mir wichtig genug, daß ich wenigstens referierend Ihnen davon Mitteilung machen sollte.

Sie sehen, schon die kurze Beschreibung, welche ich Ihnen von den im Markweiß verlaufenden Zügen hier geben konnte, läßt dieses als recht kompliziert gebaut erscheinen. In der Tat zeigen Schnitte, an irgendeiner Stelle angelegt, nie oder fast nie eines der Systeme allein, fast immer sind mindestens durchkreuzende Fasern, aus den Assoziationsbündeln oder auch aus dem Balken stammend, oder aus den anderen Kommissurensystemen, vorhanden, vielleicht spielen auch die Kollateralen, deren Abgang aus Fasern des Stabkranzes bei der Maus leicht durch die Golgimethode nachweisbar ist, hier eine Rolle bei der Komplizierung. Immerhin erkennen Sie schon jetzt, wie sich das Hirnbild belebt, wenn Sie sehen, daß aus den einzelnen Rindenarealen ganz bestimmte Faserzüge zu ganz bestimmten Endpunkten geraten.

Auf ihrem Wege nach abwärts treten die Stabkranzfasern in wichtige Beziehungen zu dem Corpus striatum und dem Thalamus opticus.

Sie konvergieren naturgemäß und gelangen so in den Raum lateral vom Thalamus. Die Fasern aus den vorderen Hirnteilen müssen, um dahin zu kommen, das Corpus striatum durchbrechen. An dem nachstehenden, horizontal durch das Großhirn gelegten Schnitte wird Ihnen das klar werden.

Er ist etwa einen Finger breit unter dem in Fig. 35 gezeichneten angelegt. Sie müssen sich vorstellen, daß die beiden Halbkugeln der Hemisphären zum Teile abgetragen sind, und daß deren Stabkranzfaserung in den knieförmig gebogenen weißen Streif der inneren Kapsel von oben her zog. Die Anteile der Kapsel aus dem Stirn- und Hinterhauptlappen fallen zum Teile in die Schnittebene. — Nur wenige Worte zur Erläuterung dieses Schnittbildes.

Stirnlappen, Hinterhaupt- und Schläfenlappen erkennen Sie sofort. Der letztere legt sich vor den Stammlappen und verbirgt so zum Teile die Insula. Wie in Fig. 35, sehen Sie vorn den quer abgeschnittenen Balken, ihm sich anschließend das Septum pellucidum, an dessen hinterem Ende die Fornixsäulen aufsteigen.

Vorn, nach außen vom Septum, liegt der diesmal angeschnittene Kopf des Nucleus caudatus. Sein Schwanz, der auf Fig. 35 längs dem Thalamus einherzog, ist nicht zu sehen. Er ist in der weggenommenen Hirnpartie enthalten. Nur ganz hinten außen, nahe am Ammonshorne, sehen Sie noch ein Stück von ihm. Die Fasermasse, welche den Schwanzkernkopf von dem Corpus striatum trennt, heißt vorderer Schenkel der inneren Kapsel. Hinter dem Nucleus caudatus geht der Horizontalschnitt (Fig. 252) durch den Thalamus, das Zwischenhirn. Vor diesem entsteigen die Fornixsäulen der Tiefe. Nach außen vom Thalamus liegt zwischen ihm und dem Striatum der hintere Schenkel der inneren Kapsel. Die Stelle, wo beide Schenkel zusammenstoßen, hat man Knie der Kapsel genannt.

Prägen Sie die eigentümliche, im Winkel abgebogene Form der

Capsula interna Ihrem Gedächtnisse wohl ein. Die Lage der einzelnen Stabkranzteile zu den beiden Winkeln ist wahrscheinlich annähernd konstant und deshalb klinisch überaus wichtig. Im hinteren Schenkel liegt, meist nicht weit vom Knie, die Faserung aus der motorischen Zone für die

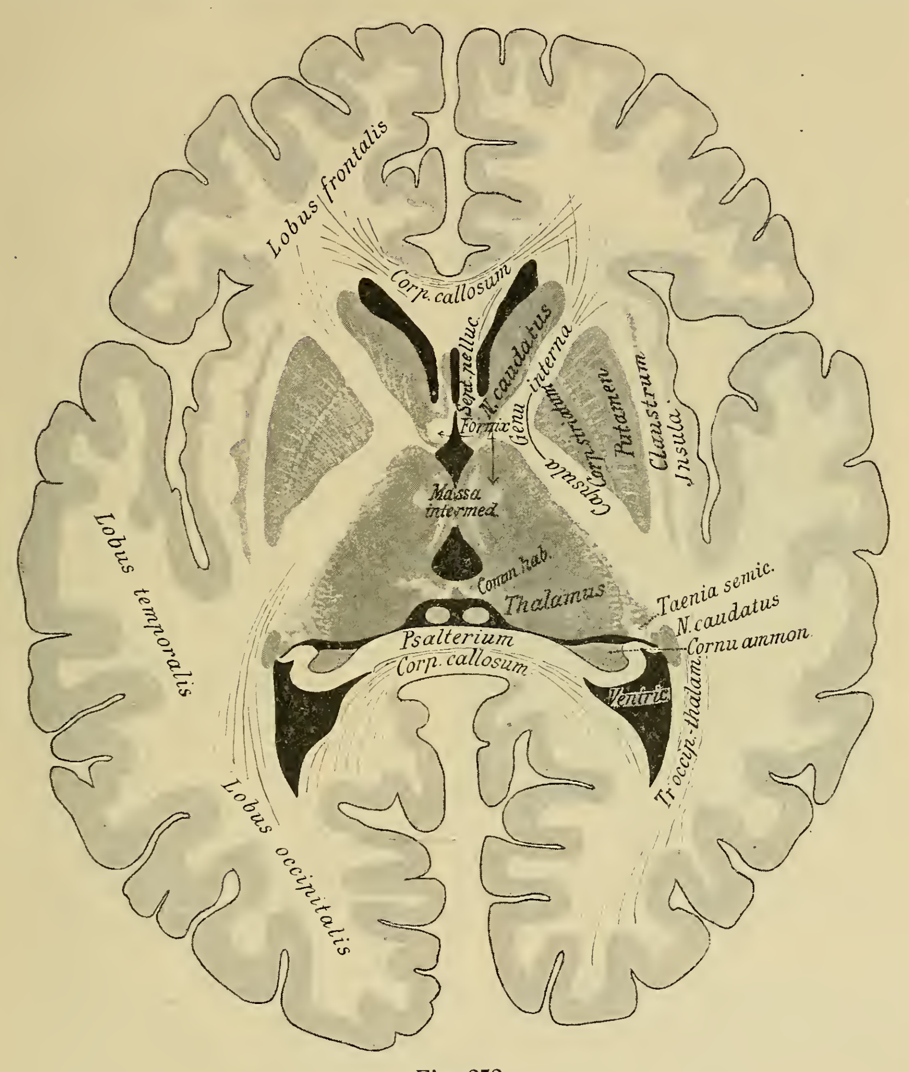


Fig. 252.

Horizontalschnitt durch das Gehirn, nach den Seiten etwas abfallend.

Extremitäten (Pyramidenbahn), dicht vor ihr Züge, die zum Facialis- und Hypoglossuskern in Beziehung stehen und aus dem unteren Ende der vorderen Zentralwindung stammen. Hinter der Pyramidenbahn werden, etwa im letzten Drittel des Schenkels oder etwas mehr nach vorn, die als Haubenstrahlung bezeichneten Züge getroffen, und nach hinten sich ihnen anschließend liegt der Zug aus dem Occipitallappen

zum Optikusursprung. In dieser Gegend liegen auch die Fasern von der Temporalrinde zum Akustikusapparate. So treffen im letzten Drittel des hinteren Schenkels der inneren Kapsel alle Fasern für das Gefühl und die Sinnesnerven zusammen. Außerdem aber liegen hier noch andere Stabkranzfasern zum Thalamus aus der Schläfen- und Occipitalrinde und die temporo-occipitale Brückenbahn.

Die Fig. 253 gibt die Lage der einzelnen, die Capsula interna zusammensetzenden Züge zueinander schematisch wieder.

Alle diese Fasermassen streben also aus der Rinde convergierend zusammen nach der Gegend, welche lateral vom Thalamus liegt. Ein Teil von ihnen tritt in den Sehhügel ein (Stabkranz des Sehhügels), ein weiterer zieht unter den Thalamus, wo er in Ganglien endet, oder weiter hinab zum Rückenmark. Erkrankungsherde, welche in dem Centrum semiovale liegen, müssen daher einen Teil der Stabkranzfasern treffen. Sie machen durchaus nicht immer Symptome, welche eine Unterbrechung der Leitung von der Rinde zur Peripherie vermuten ließen. Wahrscheinlich deshalb, weil gröbere, unserer heutigen Diagnostik zugängliche Ausfallsymptome nur entstehen, wenn die ganze betreffende Bahn zerstört wird. Es scheint, daß ein kleiner Rest aus reicht, den Willensimpuls von der Rinde zu den tieferen Sektionen zu leiten, resp. Empfindungen von der Peripherie zur Rinde zu führen.

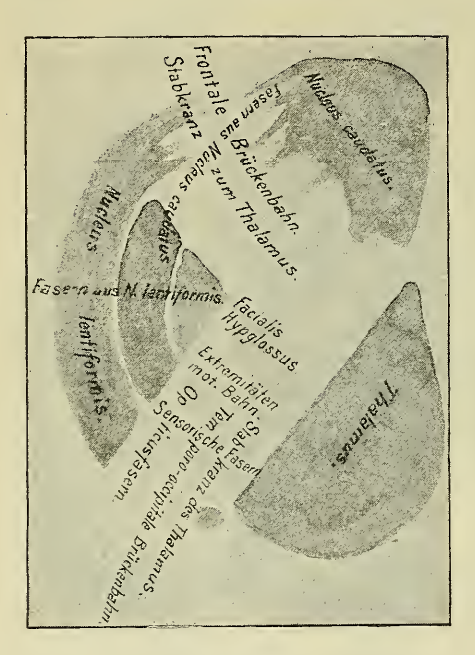


Fig. 253.

Schema der linken Capsula interna, in welches die Lage der meisten Faserzüge, welche in sie eingehen, eingeschrieben sind.

Namentlich bleiben Herde, die nicht im Marklager unter den Zentralwindungen liegen, oft symptomlos, d. h. Herde, welche die Rinden-Brückenbahnen treffen. Herde aber, welche die Pyramidenbahn treffen, erzeugen Lähmung der gekreuzten Körperhälfte. Erkrankungen im Marklager unter der unteren Stirnwindung führen oft zu Aphasie. Übrigens sind eine Anzahl Fälle bekannt, die es sehr wahrscheinlich machen, daß Unterbrechung der Haubenstrahlung zu halbseitigem Sensibilitätsverluste führen kann. Zwei von mir neuerdings beobachtete Fälle lehren, daß Schmerzen, welche nach Apoplexien auftreten, zuweilen durch Nachbarschaft von Erkrankungsherd und Haubenstrahlung erklärt werden können.

Es scheint ziemlich sichergestellt, daß Erkrankungen, welche die Gegend hinter dem Knie der Kapsel treffen, resp. die Fasern dort leistungsunfähig machen, die Bewegungsfähigkeit der ganzen gekreuzten Körperhälfte aufheben, daß Herde, die in den beiden letzten Dritteln des hinteren Schenkels sitzen, die Sensibilität der gegenüberliegenden Körperhälfte zerstören oder doch sehr beeinträchtigen. In den meisten Fällen leidet auch der Gesichts-

sinn Not, und wahrscheinlich zuweilen auch das Gehör. Die Störung des Gesichtssinnes tritt in Form der Hemiopie auf.

Wenn Sie bedenken, daß, wie ich wiederholt erwähnte, alle Fasern radiär von der Rinde nach der Kapsel zusammenstrahlen, so wird es Ihnen leicht begreiflich sein, daß in der Kapsel schon kleine Herde dieselben Symptome machen können, wie größere im Centrum semiovale, oder noch ausgebreitetere in der Rinde. Hier liegen eben die Fasern enge beisammen, die dort über einen größeren Raum ausgebreitet sind (Fig. 254). Beispielsweise wird ein sehr ausgedehntes Rindengebiet (beide Zentralwindungen und die dicht an sie grenzenden Partien der Stirn- und Parietalwindungen) ausfallen müssen, wenn komplete gekreuzte Hemiplegie entstehen soll. Im Centrum semiovale dürfte schon ein kleiner Herd im Marklager unter den Zentralwindungen denselben Effekt haben. In der inneren Kapsel aber reicht die Zerstörung einer kleinen Stelle im hinteren Schenkel allein aus, um den Symptomenkomplex hervorzurufen. Bei Hemiplegien wird man deshalb immer zunächst an Herde, die der inneren Kapsel benachbart sind oder in ihr liegen, denken, wenn nicht andere Symptome ganz direkt auf andere Hirngebiete hinweisen. Hemiplegien nach Rindenherden sind sehr selten, Hemiplegien, die vom Mittelhirne oder von noch tiefer liegenden Stellen ausgehen, noch viel seltener und meist mit Hirnnervensymptomen verknüpft, welche auf ihren Sitz hinweisen.

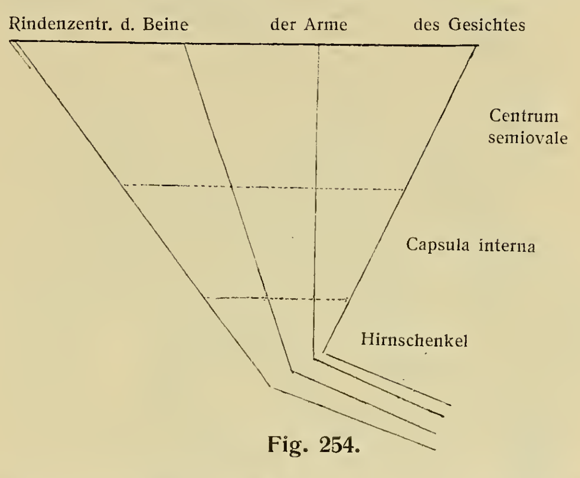


Fig. 254.

Andererseits lehrt uns die anatomische Betrachtung und die klinische Erfahrung, daß zerebrale Affektionen einzelner Körperteile, einer Hand z. B., nur sehr selten von Herden in der Kapsel erzeugt werden, eben weil da die Fasern bereits so dicht zusammengeflossen sind, daß ein Erkrankungsherd kaum einzelne isoliert treffen kann. Wohl aber entstehen nicht allzu selten von der Rinde aus Monoplegien und Monospasmen. Dort kann ein Herd schon relativ groß sein, ehe er ein benachbartes Zentrum trifft. Das vorstehende Schema wird Ihnen das Gesagte leicht einprägen. Es zeigt, warum Monoplegien häufiger von der Rinde, Hemiplegien häufiger von tiefer gelegenen Hirnteilen ausgehen, denn man sieht auf den ersten Blick, daß ein Herd von bestimmter Länge in der Rinde leicht nur ein Zentrum, weiter unten die Fasern aus vielen Zentren treffen kann.

Von den Stabkranzfasern bleibt also ein großer Teil im Zwischenhirne, im Thalamus opticus. Die anderen ziehen in der Kapsel weiter hinab und nach hinten. So gelangen sie unter dem Thalamus zu einem großen Teile frei an die Unterfläche des Gehirnes. Diese dort aus der Hirnmasse hervortauchenden dicken weißen Bündel bilden den Fuß des Hirnschenkels, Pes Pendunculi. In diesen Fußteil des Hirnschenkels gelangen die Züge der Stirnhirnbrückenbahn, der Tem-

poralhirnbrückenbahn und der Pyramidenbahn. Die Fig. 255 soll eine Übersicht der in die Brücke und das Rückenmark gelangenden Faserung geben.

Es kann ein sehr lehrreicher Schnitt angefertigt werden, welcher ein Bild von dem Verlaufe eines großen Teiles des Stabkranzes gibt. Nehmen Sie frisches Gehirn, und schneiden Sie den Hirnschenkel senkrecht ein, bis Sie auf die Substantia nigra treffen. Nun wenden Sie das Messer und schneiden mit schräg aufwärts und vorwärts gerichteter Schneide horizontal durch beide Hemisphären gerade hindurch. So ist die Grundlage der Abbildung Fig. 129 angefertigt. Für den Übergang von Capsula interna zur Fußregion vergleichen Sie auch Fig. 187.

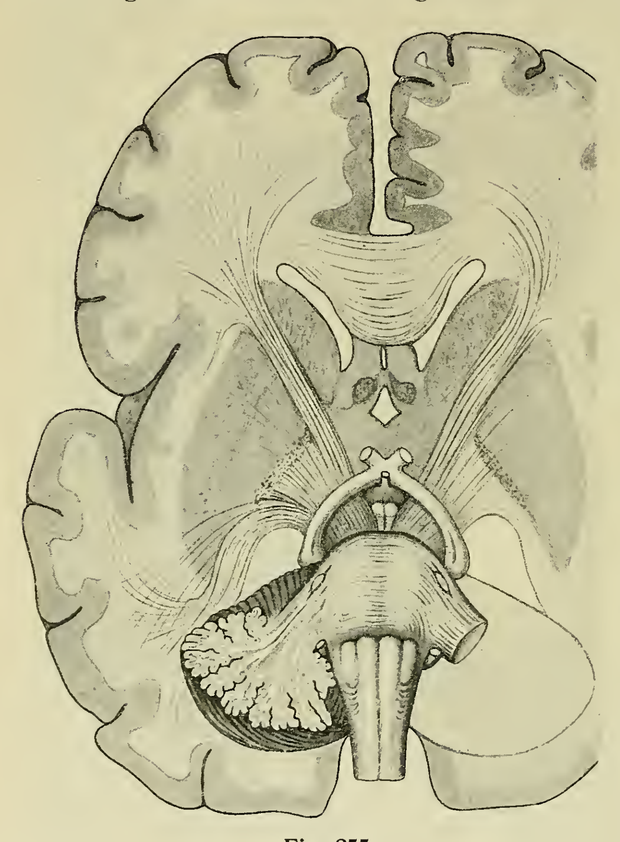


Fig. 255.
Der Stabkranz zu den retro-thalamischen Hirngebieten.

Das Großhirnweiß besteht also aus den Fasern, welche, unter der Rinde gelagert, einzelne Teile des Mantels untereinander verbinden, den Assoziationsbahnen, aus den Fasern, welche die rechte mit der linken Seite verknüpfen, den Kommissuren, und aus den Stabkranzfasern. Von den Kommissuren existieren mindestens drei Hauptzüge, derjenige der Commissura anterior zwischen den einzelnen Teilen des Riechapparates, der Zug des Psalterium zwischen den Ammonswindungen und die Balkenfaserung, welche die übrigen Teile des Mantels jederseits erreicht. Von den Stabkranzfasern haben wir Züge zu allen hinter dem Großhirn liegenden Teilen kennen gelernt, Fasern zu den Thalamuskernen, Züge zum Mittelhirne, dann solche zur Oblongata und solche zum Rückenmarke.

Diese ganzen Systeme werden innerhalb der Capsula interna durchflochten von den Fasern aus dem Stammganglion zu tieferliegenden Zentren, besonders zum Thalamus.

Die Faserung im Markweiß der Hemisphären wurde bereits von F. Arnold, Reil und Burdach durch Abfaserung vielfach erkannt, die mikroskopischen Untersuchungen von Meynert, von Sachs, von Brissaud und von Déjèrine, namentlich aber die entwickelungsgeschichtlichen Studien von Flechsig, dann zahlreiche experimentelle Arbeiten von Gudden, Löwenthal, Monakow, Bechterew und anderen haben zur Aufklärung kräftig vorangeholfen. Nicht zu unterschätzen ist auch der Nutzen, den die Anatomie dieses Gebietes durch Untersuchungen am erkrankten Gehirne erfahren hat. Solche haben angestellt: Wernicke, Charcot, Férè, Pitres, Friedmann, Sioli, Monakow, Richter, Zacher, Déjerine u. a. Die genauesten Untersuchungen über das Septum verdankt man Honegger, Kölliker und Elliot Smith. Unsere Kenntnis der Balkenfaserung verdanken wir besonders Meynert, Schnopfhagen, Sachs, Schröder, Anton-Zingerle, A. Richter, Obersteiner u. Redlich u. a.

Es liegt, meine Herren, nicht im Plane dieser Vorlesungen, die reiche Fülle von Tatsachen mitzuteilen, welche die Pathologie über die Funktionen der einzelnen Hirnteile ermittelt hat. Die Lehre von der Funktion der Hirnrinde ist noch durchaus im Werden begriffen, ist noch nach keiner Seite hin abgeschlossen. Im allgemeinen kann man sagen, daß über die Erscheinungen, welche nach Verletzung der Rinde auftreten, mehr sichergestellt ist für den Menschen als für das Tier.

Daß die Rinde des Großhirnes intakt sein muß, damit die höheren seelischen Prozesse richtig ablaufen können, das war schon lange den Ärzten bekannt und man hat seit den Zeiten der alexandrinischen Gelehrten die Unterlage für diese Prozesse im Großhirne selbst gesucht. Allerdings hat man die verschiedensten Teile desselben, bald den bald jenen für das „Seelenorgan“ in Anspruch genommen. Seit wir aber durch Broca 1863 erfahren haben, daß ein bestimmtes seelisches Vermögen, dasjenige der Sprache, durch bestimmt lokalisierte Erkrankungen vernichtet werden kann, seit die Versuche von Fritsch und Hitzig und die ungeheure sie nachprüfende Literatur bekannt wurden, seit man namentlich mehr und mehr gelernt hat, beim Menschen bestimmte Ausfallerscheinungen auf psychischem Gebiete mit bestimmten Ausfällen im Rindenapparat zu identifizieren, kann gar kein Zweifel mehr sein, daß der Rindenapparat in der Tat im wesentlichen die Unterlage besonderer höherer Seelentätigkeit ist.

Wenn man Näheres ermitteln will, so stehen zunächst 3 Wege offen. Wir können untersuchen, was diejenigen Tiere vermögen, die keine Rinde oder nur minimale Rinde im Großhirn besitzen.

Wir können untersuchen welche Defekte bei einem rindentragenden Tiere eintreten, wenn man ihm die ganze Rinde oder Teile derselben nimmt.

Wir können untersuchen wie Menschen sich verhalten, denen einzelne Rindenteile fehlen oder solche, bei denen diffuse Erkrankungen der Gehirnrinde vorhanden sind.

Den auf die vergleichende Anatomie gebauten Weg habe ich beschritten, als ich durch eine Umfrage bei zahlreichen Naturbeobachtern, Fischern, Züchtern, Aquariumfreunden usw. zu ermitteln suchte, was die verschiedensten Fische zu leisten vermögen. Aus mehreren hundert sorgfältig gesichteten Antworten hat sich das folgende Positive ergeben: Die Knochenfische, welche keinen nervösen Hirnmantel besitzen, verhalten sich nach Motilität und Sensibilität vollkommen zweckentsprechend zur Außenwelt. Der tiefe Mechanismus, welcher das leistet, ist keine dauernd unveränderliche Maschine, denn es können durch Gewöhnung gewisse Modifikationen im Verhalten erzielt werden. Durch Zähmung kann z. B. der schon der Brut innewohnende Fluchtreflex vermindert werden, aber diese Gewöhnung an sonst scheuchende Eindrücke geht verloren, wenn neue Reize gefunden werden. Es können auch an sich ruhige, nicht scheue domestizierte Fische

durch besondere Behandlung scheu gemacht werden. An die Stelle des optischen oder des chemischen Reizes, welcher jeweilen die Nahrungsaufsuchung oder Aufnahme auslöst, kann durch Gewöhnung ein anderer Reiz, z. B. das optische Bild des Fütternden, gesetzt werden. In diesen Erscheinungen liegen wohl die ersten Andeutungen eines Gedächtnisses. Es ist außerordentlich wenig, was sich hier mit Sicherheit ergeben hat, aber das Interesse wird eben dadurch gesichert, daß es so wenig ist. Keine Beobachtung weist darauf hin, daß neben den ganz einfachen Prozessen höhere assoziative Denktätigkeiten dahinlaufen. Immer war der Zusammenhang zwischen Reiz und Handlung ein ganz einfacher. Natürlich können wir nicht wissen ob die Fische von den Handlungen etwas erfahren, ob sie sich derselben bewußt werden und noch weniger in welchem Grade der Klarheit etwa ein Bewußtsein existiert. Jedenfalls ist niemals etwas beobachtet worden, was auf derlei hinwiese.

Auch wenn sich allmählich die Rinde entwickelt, sind zunächst die geistigen Fähigkeiten noch recht gering. Ich habe oft gesehen, daß eine Schlange von einem sich bewegenden Frosch zu Verfolgung desselben und zu Aufspeisen gereizt wurde, aber ebenso oft, daß das wütend verfolgende Tier innehielt als der Frosch sich ruhig duckte. Der tiefe Apparat hat das erstere ermöglicht, der Rindenapparat ist nicht ausgebildet genug, um immer oder doch unter den meisten Umständen die nötigen Schlüsse zu ermöglichen, welche eine Weiterverfolgung erzeugen.

In solchen Tierbeobachtungen, die unter Leitung anatomischer Erkenntnis vorgenommen werden, liegt ein außerordentlich reizvoller Ausgangspunkt für eine vergleichende Tierpsychologie.

In welcher Weise sich allmählich die Großhirntätigkeit entwickelt, das wird im vergleichend anatomischen Abschnitt zu zeigen sein. Zunächst genügt es, daß wir wissen, wie wenig ohne Rinde geleistet wird.

Zahllos sind die Beobachtungen, welche an ganz oder teilweise entrindeten Tieren gemacht worden sind. Im wesentlichen bleibt erhalten, was die Fische schon haben, aber es zeigt sich ein neues. Die Leistungen des unteren Apparates sind bei Tieren, die einmal einen Teil ihrer Verrichtungen unter Inanspruchnahme einer Rinde ausführen gelernt, doch gestört, mindestens vorübergehend gestört, wenn man die Rinde wegnimmt. Der niedere Apparat verliert etwas von seiner Selbständigkeit. Schraders Falken, die mit noch ganz unentwickeltem Großhirn schon Mäuse gekrallt hatten, verloren diese Fähigkeit für lange Zeit, als man ihnen die Hemisphären genommen hatte. Der Hund, dem Goltz beide Hemisphären abgetragen hatte, war sehr viel unbehilflicher als ein neugeborener Hund mit unentwickelter Rindenfaserung. Zweierlei könnte hieran schuld sein. Es kann von der Narbe eine Hemmung ausgehen, welche den niederen Apparat stört, es kann aber auch, darauf weist das Verhalten des Menschen und der Affen hin, eine wechselnde Wertigkeit in der Inanspruchnahme der Rinde bestehen. Niedere Tiere kann man durch Rindenverletzungen in der Bewegungsfähigkeit nicht dauernd beeinträchtigen oder doch nur sehr gering schädigen, der Mensch aber verliert, wenn die gleichen Rindenpartien untergehen, wirklich und dauernd die Fähigkeit, die mit jenen verbundenen Gliedmaßen richtig zu gebrauchen, er ist praktisch lahm, vielleicht weil er vorwiegend mit der Rinde arbeiten gelernt hat. Für alle niederen Vertebraten und noch für manche Säuger scheint zum Sehen der optische Endapparat auszureichen, beim Menschen aber führt schon Verlust der aus diesem zur Rinde gehenden Faserung zu Blindheit. Blutungen in den Occipitallappen machen ihn dauernd blind; die Abtragung dieser Hirnteile beim Hunde hat nur eine schwere Beeinträchtigung des Sehens zur Folge.

Aus all diesem dürfen wir zunächst schließen, daß bereits in den subkortikalen Apparaten alle Assoziationen, vielleicht auch schon gewisse Vorstellungen niederer Ordnungen entstehen, die den elementaren Verrichtungen des Körpers dienen und es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Assoziationen der Rinde schon als Ganzes übermittelt werden.

Die Rinde ist ein mächtiger in sich geschlossener Apparat, welcher, über die tieferen Zentren gelagert, jene beeinflussen kann.

Seit Fritschs und Hitzigs Versuchen wissen wir auch, daß einzelne Gebiete der Rinde gerade zu gewissen Bewegungen oder Empfindungen in spezieller Beziehung stehen, wir haben aber durch spätere Beobachter erfahren, daß diese Beziehungen nicht ganz ausschließliche sind, daß durch stärkere Reize auch von anderen Rindengebieten her jene peripheren Teile erregt werden können.

Im wesentlichen wissen wir, daß von der Rinde ausgehende Reizungen einzelne Abschnitte des tieferen Apparates zur Tätigkeit veranlassen, daß etwa von einzelnen Rindenzentren aus bestimmte Bewegungen durch Reizung erhalten werden können. Auch wissen wir, daß solche Reize innerhalb der Hemisphäre weitergeleitet, andere Rindengebiete und von diesen aus andere tiefe Zentren erregen können. Dann ist es bekannt, daß Rezeptionen des Sinnesapparates die Rinde erreichen und daß Störungen der Rinde dieser sensorischen Gebiete mehr oder weniger schwere Ausfallerscheinungen in der Wahrnehmungsfähigkeit des betreffenden Sinnesgebietes erzeugen. Meist handelt es sich darum, daß dann die empfundenen Gegenstände nicht als solche erkannt werden. Schließlich wissen wir, daß von der Rinde Hemmungen ausgehen, daß ihre einzelnen Teile nicht nur erregend zu Tätigkeit, sondern auch hemmend auf Erregungen wirken können, die entweder von der Rinde selbst ausgehen oder auch nur von tieferen Zentren her entstehen. So kann man z. B. durch Reizung der Rinde Körperteile zur Bewegung bringen und ebendadurch innerhalb der erregten Teile einzelne Muskeln, die Antagonisten der betreffenden Tätigkeit, erschlaffen lassen. Offenbar übt die Rinde als Ganzes auf die kombinierten Bewegungen, welche prinzipiell von dem niederen Apparat geleistet werden, vielfach Hemmungen aus. Die älteste hier bekannte Tatsache ist, daß viele Rückenmarkreflexe leichter zustande kommen wenn das Großhirn vorher weggenommen wird. Auch auf höherem seelischen Gebiete läßt sich derlei leicht beobachten. Ohne Bedenken springt ein Mensch über einen meterhoch gespannten, leichten Faden; wird der aber durch eine feste Barriere ersetzt, so treten — im seelischen Apparat verlaufende — Hemmungen ein, der Sprung gelingt nicht. Das Dichterwort, „von des Gedankens Blässe angekränkelt", trifft hier genau das richtige. Der Hund, der leicht über den Stock springt, springt nicht über die Peitsche,

Wollen wir also den Gesamteffekt einer vermuteten Hirnläsion studieren, so haben wir nicht nur mit Reiz- oder Ausfallerscheinungen, sondern auch mit Hemmungserscheinungen zu rechnen.

Es ist nicht allzuviel, was wir hier über die physiologischen Vorgänge erfahren, die durch die Rinde ausgelöst oder gehemmt werden. Die zahllosen Versuche am Tiergehirne haben uns einiges Grundsätzliche gelehrt, sie konnten aber, weil gerade auf psychischem Gebiete das Tier nur schwer Auskunft gibt, nicht wesentlich im Erkennen der Rindenfunktion voranhelfen. Die Tierversuche haben uns als allerwesentlichsten Gewinn die Tatsache der Lokalisation in der Rinde gebracht. Sie haben uns auch gelehrt was die Rinde nicht leistet, was an anderen Stellen des Nervensystemes geleistet wird. Einblick in die wirkliche Rindenfunktion gibt viel eher die sorgfältige Beobachtung erkrankter Menschen. Ein Beispiel wird das erläutern. Zahllose

Versuche sollten uns orientieren wie ein Hund sich verhält, dem man das Zentrum etwa für die Vorderpfote weggenommen hat. Mehr, als daß dann eine gewisse, oft sogar passagere Unsicherheit eintritt, haben sie nicht gelehrt. Einer meiner Patienten mit Erkrankung des betreffenden Zentrums wies zunächst im Arme keine sichere Störung auf. Es schien als wäre der Arm etwas schwächer als der andere, aber wenn man nur genug ermahnte und zuredete, wurde er gleich kräftig wie der andere Arm. Es schien ferner als wären alle Empfindungen dort normal. Aber wenn man versuchte, mit geschlossenen Augen einen Gegenstand erkennen zu lassen, den die Hand faßte, dann bedurfte es auf der geschädigten Seite lange Zeit, bis der nötige Schluss aus den wohl bemerkten Tasteindrücken gezogen wurde, auf der gesunden geschah das momentan. Es handelte sich also hier um einen rein seelischen Defekt, den in einem bestimmten Gebiete Wollen sowohl als Erkennen erlitten hatten. Die sorgfältigsten Beobachtungen an partiell entrindeten Tieren leiten zu dem gleichen Schluß, aber Sie werden leicht einsehen, daß ein Erkennen solcher rein seelischer Prozesse leichter bei dem Menschen sein wird als bei Tieren. Hier lassen sich nicht nur die Versuche besser variieren, sondern die Antworten auch besser erzielen. Von einem gebildeten Rindenkranken kann man mehr lernen als aus vielen Tierversuchen.

Die Tierversuche aber haben allein den Grund zu unserem Wissen gelegt, sie bleiben natürlich für die Beantwortung mancher Fragen ganz unentbehrlich.

Störungen, welche den normalen Aufbau und das normale Funktionieren der Hirnrinde treffen, erzeugen beim Menschen je nach der Stelle, wo sie sitzen, verschiedene Symptome. Es sind bislang schon mehrere hundert gut beobachtete Fälle von Rindenerkrankung bekannt, und man kann durch Vergleichung der einzelnen untereinander zu folgenden Schlüssen kommen:

Von jedem Punkte der Hirnrinde aus können motorische Reizerscheinungen (von Zuckungen einzelner Muskeln bis zur Epilepsie) zustande kommen. Es existiert aber eine Zone des Gehirnes, die beiden Zentralwindungen, bei deren Erkrankung fast immer Störungen der Motilität in der gekreuzten Körperhälfte auftreten. Diese Störungen zerfallen in Reizerscheinungen und Ausfallerscheinungen. Die Reizerscheinungen äußern sich durch Krämpfe, die Ausfallerscheinungen durch mehr oder weniger hochgradiges Unvermögen, die Muskeln durch den Willen in Bewegung zu setzen, oft nur durch ein Schwächegefühl oder durch Ungeschicktheit zu komplizierteren Bewegungen.

Durch genaue Analysierung der bekannten Krankheitsfälle läßt sich feststellen, daß bei Erkrankung des oberen Teiles beider Zentralwindungen und des Parazentrallappens vorwiegend in dem gekreuzten Beine Bewegungsstörungen auftreten und daß solche in der Oberextremität namentlich durch Erkrankung etwa des mittleren und eines Teiles des oberen Drittels der betreffenden Windungen erzeugt werden können. Lateral von der Armregion liegen Rindengebiete, die auf die primären Apparate für die Antlitz-, die Zungen- und die Kehlkopfbewegungen einwirken können. Auch für die Rumpf- und Nackenmuskulatur, für die zu Augenbewegungen und für die zum Sprechen nötigen Kerne sind Rindenfelder vorhanden. Von einem Punkte, der wahrscheinlich im oberen Teile der hinteren Zentralwindung liegt, ist die Blasenfunktion zu beeinflussen.

Fallen diese Zentren aus, sei es daß sie zerstört werden oder daß die von ihnen kaudalwärts führenden Bahnen unterbrochen werden, so tritt niemals so komplette Lähmung ein wie sie etwa durch den Untergang der Primärapparate — bei Poliomyelitis z. B. — erzeugt wird. Man beobachtet gewöhnlich nur Unvermögen zu mannigfachen erlernten Verrichtungen. Manchmal können die Kranken solche wieder neu lernen, andermal spielt

auch die Hemmung soweit mit, daß die Gesamtfunktion ausfällt. Es sei hier wiederholt erwähnt, daß nur beim Menschen die Wertigkeit der Rinde so hoch ist, daß dauernde und erhebliche Ausfälle bei ihrem Untergang entstehen. Die meisten Säuger können zwar von der Rinde aus — das zeigen die Reizversuche — auf die niederen Zentren einwirken, aber sie können große Zentren verlieren, ohne anders als durch passageren Ausfall darauf zu reagieren. Natürlich können wir nicht wissen wie weit sie durch solchen Ausfall geistig in bezug auf die Benutzung der geschädigten Teile gestört sind. Beim Menschen geraten fast immer die von der Rinde aus gelähmten Muskeln in Kontraktur, wohl weil eine Hemmung auf die muskelspannenden Apparate wegfällt. Untersuchungen von Grünbaum und Sherrington an anthropomorphen Affen haben gelehrt, daß da die „motorischen Zentren" alle nur in der vorderen Zentralwindung liegen; es wäre möglich, daß auch beim Menschen eine entsprechende Reduktion zu machen wäre. Unsere Kenntnisse

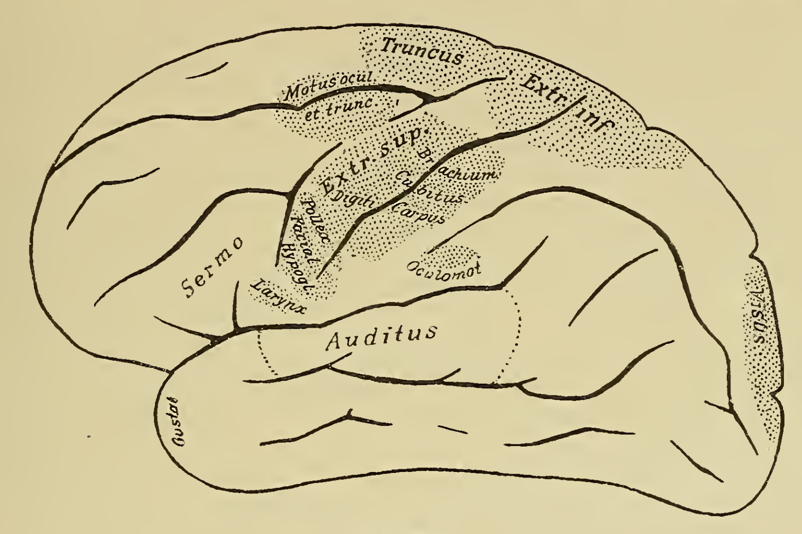


Fig. 256.

Die bis heute bekannten Projektionsfelder der Rinde. In dem Raum von „Oculomotorius" bis „Facialis" liegt das Orbiculariszentrum. Das Blasenzentrum ist im kaudalen Abschnitt von „Extr. inf." zu suchen.

sind hier ja nicht durch punktförmige Reizung, sondern durch das Studium von Krankheitsherden gewonnen, deren Einflußbereich nicht immer so scharf zu begrenzen ist.

Die Trennung der einzelnen „Zentren" voneinander ist keine scharfe.

Es sind oft genug auch Gefühlsstörungen nach Rindenherden beobachtet worden, aber diese sind immer eigener Art. Zunächst gelingt es bei Tieren niemals, solche dauernd zu erzeugen, immer bekommt man Störungen, welche zeigen, daß das Tier in der Beurteilung der Gefühlseindrücke, nicht in diesen selbst, Einbuße erlitten hat. Beim Menschen, der ja über seine Empfindungen Auskunft geben kann, hört man nach Rindenherden gelegentlich über Gefühle von Taubheit, Schwere usw. klagen, auch über allerlei abnorme andere Empfindungen aber es zeigt ganz gewöhnlich die Untersuchung, das bei erhaltenem Perzeptionsvermögen im wesentlichen nur die Beurteilung des Gefühlten gestört ist. Das macht sich weniger im Gebiete der relativ einfachen Tasteindrücke geltend, als da, wo es auf die Beurteilung von feineren

Rezeptionen ankommt, etwa bei denjenigen, die von den Muskeln, den Gelenken usw. ausgehen. Oft vermögen solche Patienten bei verbundenen Augen nicht mehr zu beurteilen, welche Lage man ihren Gliedern passiv gegeben hat. Wenn sehr ausgedehnte Bezirke der Rinde untergehen oder wenn Herde die gesamte Rindenleitung nach den tieferen Zentren unterbrechen, dann kann es zu so schweren Beeinträchtigungen des Beurteilungsvermögens kommen, daß die Patienten praktisch insensibel auf der zu den Herden gekreuzten Seite sind. Aber derlei Menschen zeigen dann noch eine ganze Summe anderer seelischer Störungen und sind deshalb schwer auf ihre Empfindungen zu prüfen.

Besser als auf dem Gebiete der erwähnten Sinneskategorien sind die Störungen bekannt, welche bei Ausfall der Rindenzentren für das Sehen und derjenigen für das Hören eintreten. Das ist natürlich, denn wir benutzen unsere Seh- oder Hörrezeptionen zu sehr viel komplizierteren Prozessen als unsere Tast- usw. Rezeptionen.

Wenn die Rinde in der Umgebung des Sulcus calcarinus zerstört ist, vermag der Mensch mit der äußeren Seite des gleichseitigen und der inneren Seite des gekreuzten Auges nicht mehr zu sehen und wenn das beiderseits geschieht, ist er praktisch blind. Beim Menschen wird der Sehakt so wesentlich kortikal ausgeführt, daß er vernichtet ist, wenn die Rinde zerstört wird, die ihm zugrunde liegt. Sehr sorgfältige Untersuchungen an Tieren haben aber gezeigt, daß bei diesen Rindenzerstörung in der occipitalen Region nur Störungen im Erkennen und Beurteilen herbeigeführt, Störungen, die allerdings bei Affen und Hunden so hochgradig sein können, daß die Tiere zunächst sich verhalten wie wenn sie nicht ordentlich sehen könnten. Daß dem nicht so ist, läßt sich aber einige Zeit nach der Verletzung erkennen. Wahrscheinlich werden auch fortgesetzte Untersuchungen an Menschen zu dem Resultat führen, daß neben dem kortikalen Sehen, das nur auf ein Beurteilen des Gesehenen herauskommt, noch ein vageres, allgemeineres Sehen, die Arbeit der primären Zentren, weiter existiert. Diese Dinge sind bereits S. 283 besprochen.

Die Beurteilung des Gehörten leidet schwer, wenn die Rinde des Schläfenlappens zerstört ist. Ein solches Beurteilen kommt natürlich nirgendwo mehr als auf dem Gebiete der Sprache in Betracht. Zwar sind auch Ausfälle auf dem Gebiete der Tonbeurteilung, also auf musikalischem Gebiete, bereits studiert, es soll aber die Störung des Sprachverständnisses deshalb näher besprochen werden, weil die Sprachstörungen überhaupt den Ausgangspunkt für die ganze Lehre von der Hirnlokalisation gebildet haben.

Wir wissen mit Sicherheit, daß in der Rinde der dritten Frontalwindung links, und nur in dieser, ein Apparat liegt, der uns befähigt, uns an die Bewegungen zu erinnern, welche man braucht um zu sprechen. Ein Patient, dem nur diese Rinde zerstört ist, verliert dle Wortbilder der Sprache, er kann nicht mehr sprechen, aber Laute kann er von sich geben. Es kann auch vorkommen, daß er bei etwas größerer Zerstörung nicht mehr weiß, wie man den Mund aufmacht, wie man die Zunge herausstreckt, obgleich er dies spontan, etwa beim Essen, ausführen kann. Wir wissen auch, auf welchem Wege die Fähigkeit zur Wortbildung erlangt wurde, aus welchen Gegenden des Gehirnes jener Sprachrinde die ersten Eindrücke zugeflossen sind. Das Kind lernt vorwiegend durch Zuhören sprechen, weniger durch Ablesen von den Lippen. Nun gibt es in der ersten Schläfenwindung links eine größere Stelle, die reichlich mit den primären Zentren des Gehörapparates verbunden ist. Wird sie zerstört, so verlieren wir nicht das Gehör, wohl aber vermögen wir nicht mehr die Lautbilder der Worte zu erkennen. Reiche Verbindungszüge führen — unter der Insel weg und in mannigfachen Be-

ziehungen zu ihrer Rinde — zwischen den Zentren für das Wortbewegungsbild und das Wortklangbild. Das erstere ist durch das letztere gewonnen und keines von beiden kann zerstört werden, ohne daß das Ganze leidet. Die beiden Zentren zusammen schaffen uns den Wortbegriff. Aber sie allein würden uns nicht das garantieren, was wir vernünftige Sprache nennen. Herde irgendwo in der Rinde können das Seelenvermögen so schwächen, daß bei intakten Sprachgegenden doch keine vernünftige Rede herauskommt. Diffuse Krankheitsprozesse führen oft zu solchen Störungen. Auch hemmen können solche Prozesse die Sprache. Wir kennen Seelenstörungen, wo nichts, auch der stärkste Zwang nicht, die Menschen zum Sprechen bringen kann. Die Hemmung, welche durch andersartige Vorstellungen ausgelöst wird, wirkt zu stark auf den Sprachteil der Rinde. In der Rinde um den Sulcus calcarinus liegt ein Areal, dessen Zerstörung alle auf optischem Wege erlernten Begriffe vernichtet. Totale beiderseitige Zerstörung macht den Menschen blind, aber partielle läßt dieses Sehzentrum in seiner Tätigkeit studieren. Menschen mit Verlust desselben erkennen nicht mehr, sie können den ganzen seelischen Prozess, welcher als Endleistung das Erkennen ermöglicht, nicht mehr ausführen. Sie können natürlich auch nicht mehr die erlernte Buchstabenschrift lesen. Da sie nicht optisch erkennen, finden sie natürlich auch die Worte für einen vorgezeigten Gegenstand nicht, sie sind in bezug auf diesen aphasisch, aber sie finden dann manchmal das Wort, wenn die Betastung ihnen genügende Schlüsse auf die Natur des Gegenstandes gestattet. Umgekehrt erkennt ein Mensch mit Zerstörung der Mitte der vorderen Zentralwindung gewöhnlich nicht mehr durch Betasten, er wird, wenn man ihm nicht Hinsehen gestattet, nicht die Benennung für einen nur gefühlten Gegenstand finden. So hängt unsere Sprache nicht nur von der Rinde ab, wo das Wortbild lokalisiert ist, sondern in ganz bestimmter Weise von zahlreichen anderen Rindenstellen.

Wenn ich mir einen bestimmten Gegenstand, der mir entfallen ist, vorstellen, vielleicht auch seinen Namen finden will, dann ziehe ich alles heran, was mich an ihn erinnern könnte, seine Form, seine Farbe, die Tast- und vielleicht die akustischen Eindrücke, die er mir einst gegeben hat; ich arbeite gleichzeitig mit vielen Teilen meiner Hirnrinde, ich kombiniere und überlege, um als Endresultat die volle Erinnerung, die klare Vorstellung, vielleicht das benennende Wort zu besitzen. Um diese Arbeit zu leisten, muß die Hirnrinde die allermannigfachsten Bahnen besitzen, welche ihre einzelnen Teile untereinander verbinden, und daß sie solche besitzt, haben Sie ja erfahren. Störungen in diesen Verbindungen, Störungen der Assoziationsbahnen müssen sich durch sehr bestimmte Ausfallerscheinungen verraten. Wenn z. B. die Verbindungen der Sprachhörgegend mit den Handzentren unterbrochen sind, wird Schreiben auf Diktat unmöglich werden, wohl aber läßt sich nachweisen, daß solche Kranke, weil eben die Verbindung zwischen Akustikus und Rinde da ist, verstehen was sie hören. Ein solcher Kranker wird noch ganz gut abschreiben können. Das aber wird ihm unmöglich sein, wenn etwa die Verbindung des motorischen Armzentrums mit der Sehsphäre gelitten hat. Diese Störungen im zentralen Rindenapparat und im Assoziationsapparate bieten das allergrößte Interesse. Wenn ein Kranker mit Zerstörung der dritten Stirnwindung nicht mehr weiß, wie man spricht, so ist das nur ein Einzelfall aus einem größeren Symptomenkomplex, aus der A p r a x i e. Der von den motorischen Zentren aus „Gelähmte“ weiß nicht mehr wie man die Arme, wie man die Beine bewegt oder er vermag bei andersartiger Lokalisation nicht mehr zu beurteilen was er fühlt, vermag nicht mehr, die nötigen Schlüsse aus den Einwirkungen der Außenwelt auf ihn zu ziehen. Es kommt deshalb bei einigermaßen ausgedehnten Zerstörungen der Rinde oder auch nur der Faserung,

welche weit entfernte Rindengebiete untereinander verbindet, zu den allerschwersten Beeinträchtigungen des Seelenvermögens. Die Patienten werden in bezug auf die Ausführung zahlreicher Bewegungen so stumpf, daß man sie für lahm halten muß, sie wissen nicht mehr wie man die Hand gebraucht, wie man ergreift usw. Dadurch und durch die häufig dabei vorkommende schwere Beeinträchtigung der Sprache, machen sie gelegentlich einen ganz blödsinnigen Eindruck. Sie können die einfachsten Verrichtungen auf Aufforderung nicht mehr ausführen, obgleich sie, wie andersartige Untersuchung zeigt, gar nicht ganz lahm sind.

Es ist fraglich, ob wir je mit einem Rindenteile allein arbeiten, ob nicht für jegliches erlernte oder überlegte Handeln eine Inanspruchnahme eines größeren Areals notwendig ist. Derlei wird sich allmählich durch sorgfältige psychologische Analyse einzelner Handlungen ermitteln lassen. Die Erfahrungen an Idioten, deren Gehirn bis auf einzelne Teile atrophisch ist, sprechen dafür, daß einzelne Zentren ganz überwiegend arbeiten können. Es gibt z. B. sehr Schwachsinnige mit hoch entwickeltem Tonperzeptions- und Unterscheidungsvermögen. Hier kommt der Schläfenlappen in Betracht. Ein solcher Tonmensch ist aber noch lange kein Künstler oder Schaffender auf musikalischem Gebiete.

Gleichzeitig wird wahrscheinlich nur innerhalb eines einzigen kortikalen Systemes gearbeitet; für von diesem nicht geleistetes sind wir während dieser Zeit „zerstreut" (Hirth.). Der „zerstreute Professor" der Witzblätter ist nur ein intensiv nach einer Richtung Denkender, den eben die Kleinigkeiten des äußeren Lebens nicht genügend in Anspruch nehmen.

Der geistige Inhalt unserer Rede ist wohl das Produkt eines sehr großen und vielfach wechselnden Areals der Hirnrinde. Hier versagt zunächst die Lokalisation; immerhin wissen wir, daß ausgedehnte Zerstörungen gerade im Bereich der Stirnlappen ganz besonders die hier in Betracht kommenden Prozesse beeinträchtigen. Überhaupt ist es ganz sicher, daß größere Ausfälle des Rindengebietes oder auch nur der Verbindungen einzelner Rindenteile untereinander zu den allerschwersten Beeinträchtigungen des Seelenvermögens führen. Arbeiten, wie die von Wernicke, über den aphasischen Symptomenkomplex, von Liepmann über die Apraxie werden immer zu den klassischen gehören, weil sie den Weg zeigten, auf dem das Studium all dieser Fragen und damit das Studium der ganzen Rindenfunktion am besten in Angriff genommen werden kann. Hier, wo es mir nur darauf ankommt, das Prinzipielle zu zeigen, muß ich für die einzelnen klinischen Bilder natürlich auf die Lehrbücher verweisen. Schon aber haben diese Studien uns gelehrt, daß all das, was wir „Überlegung" nennen, sich auf die Arbeit der Rinde und ihrer Innenverbindungen, also auf den Eigenapparat des Großhirnes zurückführen läßt.

Sie fassen diesen Eigenapparat am besten auf als eine Einrichtung, welche den Träger befähigt, mit Verständnis Sinneseindrücke, die von außen ankommen, zu beobachten, das Beobachtete irgendwie zurückzuhalten und gleich oder später zu reproduzieren, auch durch die mannigfachsten Assoziationen zu verwerten. Einzelne seiner Teile sind mehr mit den Endapparaten sensibler, andere mehr mit denjenigen motorischer Apparate verknüpft, aber wir haben nicht das Recht, die Hirnrinde deshalb da sensibel und dort motorisch zu nennen, müssen uns vielmehr vor Augen halten, daß es sich so gut wie immer um das Arbeiten eines größeren Teiles des in sich geschlossenen Apparates handelt.

Durch den **Stabkranz** *ist der Eigenapparat des Großhirnes mit*

ieferen Zentren verknüpft. Die Funktion des zu dem Thalamus gehenden Stabkranzanteiles ist bis auf diejenige des zu den primären Zentren des Sehapparates und des zu den Endstätten der sensiblen Bahnen verlaufenden Anteiles noch unbekannt. Besser sind wir über den Stabkranz zum Rückenmarke und zu den motorischen Zentren der Oblongata orientiert. Wird der erstere beim Menschen unterbrochen, dann bleibt für die Übertragung des in der Rinde Geleisteten auf die Bewegungsapparate der Extremitäten zwar noch eine Bahn via Thalamus zum roten Kerne und von da zum Rückenmarke, aber diese reicht erfahrungsgemäß beim Menschen nicht aus, eine allerschwerste Beeinträchtigung der Funktion zu verhüten. Die Kranken verlieren die Fähigkeit, die an sich nicht gelähmten Glieder zu den erlernten Bewegungen zu gebrauchen. Sie können — wenn auch unbehilflich — noch gehen, ihrem Arm etwas bewegen, aber sie können keinerlei feinere Bewegungen mehr ausführen. Ein Mensch bezeichnet sich in dieser Lage mit Recht als lahm. Besonders interessant sind die Erscheinungen, welche auftreten wenn die Stabkranzfasern aus der Sprachrinde zu dem Sprechmechanismus in der Oblongata unterbrochen werden. Dann verlieren die Patienten nicht den Wortbegriff, die Rinde ist ja erhalten, aber sie können doch nicht mehr sprechen. Sie sind aphasisch bei erhaltenem Sprachvermögen. Dabei können z. B. die interjektionellen Äußerungen der Sprache erhalten bleiben. Ein Patient, mit Vernichtung der Bahn zwischen Fazialiszentrum und Oblongata hatte eine nur minimale Schwäche des gekreuzten Antlitznerven, aber er konnte nicht mehr pfeifen, die Lippen spitzen, Lachen, Grimassieren; wenn man ihn dazu aufforderte. Wohl aber war das alles an sich möglich, wenn er ohne besondere Absicht, rein instinktiv etwa, lachte, grimmassierte. Hier bestand eine psychische Apraxie im Gebiete des Facialis, der aber — wahrscheinlich vom Thalamus her — noch gut innerviert wurde.

Die Lehrbücher der Nervenkrankheiten geben Ihnen für all diese Dinge Beispiele genug. Ich möchte Ihnen nur gezeigt haben, wie man, auf das anatomisch Bekannte gesützt, an sie herantreten kann, wie vieles von dem, was wie ein unentwirrbarer seelischer Gesamtkomplex erscheint, sich klärt, wenn man versucht auf anatomisch und physiologisch gewonnene Erfahrung gestützt, die Teilelemente zu ermitteln.

Dreiundzwanzigste Vorlesung.

Gesamtübersicht.

Nun habe ich Ihnen, m. H., in diesen letzten Vorlesungen so vielerlei Hirnteile einzeln schildern müssen, daß ich fürchte, es möchte mir nicht gelungen sein, Ihnen auch ein zutreffendes Bild von der Gesamtlage der einen zu den anderen zu verschaffen. Ein solches Bild aber müssen Sie sich durchaus verschaffen. Eine bessere Kenntnis der Faserung und Ganglien, als ich sie bisher zu geben vermochte, erhalten Sie nur dann, wenn Sie ein Gehirn topographisch studieren. So ist denn der Zeitpunkt gekommen, wo ich Ihnen einmal eine Reihe von Frontalschnitten durch eine reife Hemisphäre vorlegen muß. Sie mag Ihnen als Wegweiser bei eigenen Untersuchungen dienen.

Zum topographischen Studium rate ich Ihnen, ein ganzes, unzerschnittenes Gehirn in 10prozentige Formolmischung an der Basi-

laris einzuhängen und nach acht Tagen mit einem Rasiermesser in etwa ½ cm dicke Scheiben zu zerlegen. Jede Platte wird dann mit Pauspapier bedeckt, das festklebt. Dann ziehen Sie alles sichtbare mit der Feder nach, nehmen das Pauspapier weg, um es auf Karton zu kleben und beenden die Zeichnung nach dem unter Wasser gelegten Präparate. So sind die Schnitte angefertigt, deren Bilder ich hier vorlege. Hier und da wird sich Betrachtung mit der Loupe unter Wasser empfehlen.

Der erste Schnitt (nicht abgebildet), den ich anlege, geht wenige Zentimeter hinter dem Stirnpole des Gehirnes dahin. Er enthält, umgeben

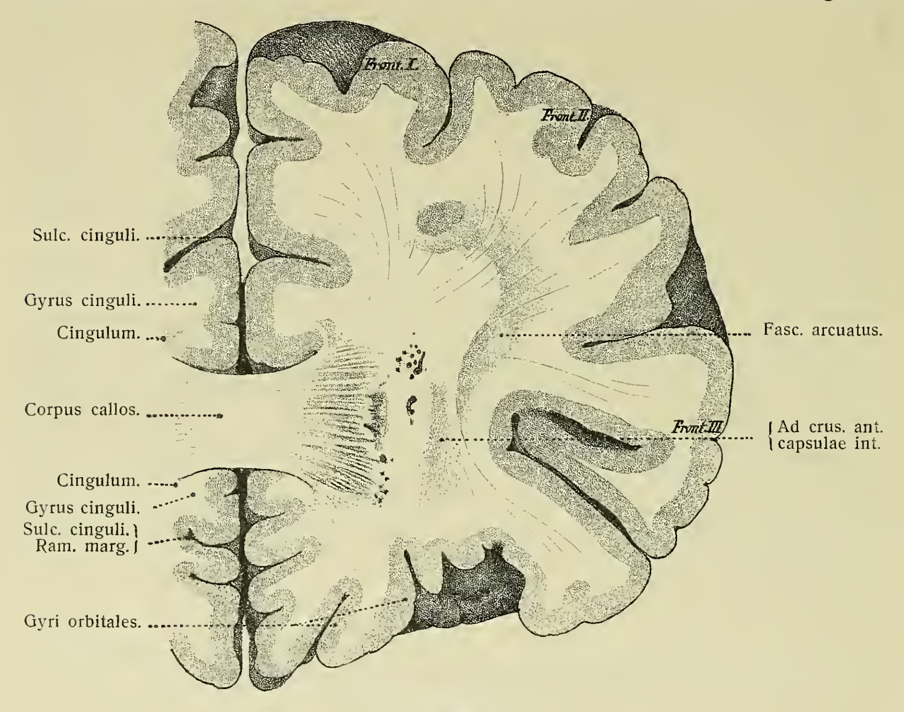


Fig. 257.

von den hier noch kleinen Windungen, eine gleichmäßig weiße Masse, welche im wesentlichen zusammengesetzt ist: dicht unter der Rinde aus kurzen Assoziationsbündeln, darunter dann aus den Stabkranzfasern zum Thalamus und zur Brücke, welche schon hier nach abwärts zu ziehen beginnen, und schließlich aus den frontalen Enden längerer Assoziationssysteme.

Der zweite Abschnitt, Fig. 257, ist wenige Millimeter hinter dem Balkenanfange angelegt. Er durchquert gerade das Balkenknie, die frontalsten Verbindungsfasern beider Hemisphären. Ein großer Teil dieser Fasern ist seitlich abgeschnitten, es sind diejenigen, welche sich in leichtem Bogen stirnwärts gewendet hatten und so natürlich mit ihrer Hauptmasse in dem weggeschnittenen Stücke blieben. Direkt lateral

von den Balkenfasern ist das zentrale Grau angeschnitten, welches den Seitenventrikel, resp. sein Vorderhorn überzieht, ja an einigen kleinen Punkten ist dieser selbst schon eröffnet.

Das Faserweiß, lateral von dem ektoventrikulären Grau, wird von den Zügen aus dem Frontallappen zum frontalen Schenkel der inneren Kapsel gebildet, es ist die Gegend etwa, welche mit *„Ad crus ant."* bezeichnet ist. Dieses quer getroffene Bündel wird dann ventral umfaßt und zum Teile durchflochten von Balkenfasern und von langen Assoziationsfasern, die dem Fasciculus uncinatus angehören, dorsal von ihm liegt der durch leichte Schattierung angedeutete Bezirk, in welchem

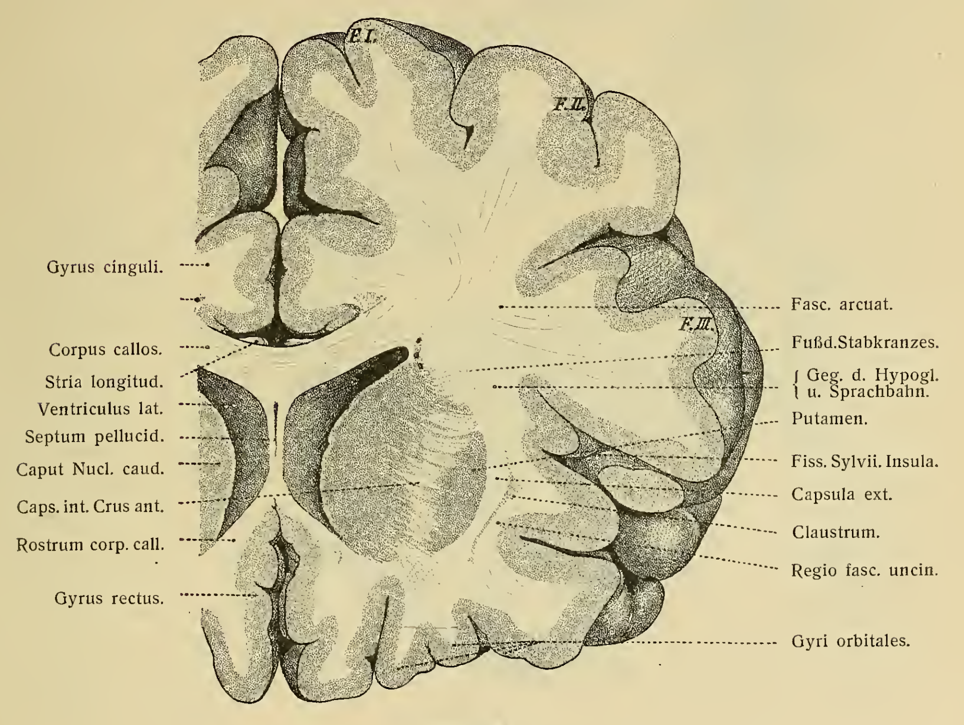


Fig. 258.

der Fasciculus arcuatus sich ausbreitet. Dazu kommen dann, dicht unter der Rinde, die Bogen der kurzen Assoziationsbahnen und über das ganze Feld verbreiten sich noch zahlreiche Fasern, teils zum Thalamus, teils unbekannten Verlaufes, wahrscheinlich zu gutem Teile noch Assoziationsbahnen.

Dicht hinter dem Balkenknie ist der nächste Schnitt (Fig. 258) angelegt. Er geht dorsal durch den Balkenkörper, ventral trifft er noch die unteren Balkenschenkel in ihrem kaudalsten Stückchen, das Rostrum corp. call. Zwischen diesen beiden Teilen liegt das Septum pellucidum. Zwischen beiden Septumblättern ist der Ventriculus septi sichtbar. Hier ist nun das Vorderhorn des Ventrikels breit eröffnet und der Kopf des

Schwanzkernes in seiner größten Ausdehnung getroffen. Lateral von ihm ziehen die Fasern der Capsula interna vom Stirnpole herab, denen sich gerade in diesem Gebiete die mächtige Faserung aus dem Schwanzkerne zum Thalamus, Radiatio strio-thalamica beimengt.

Nach außen von der hier noch von vielen grauen Zügen durchbrochenen Kapsel liegt der frontalste Teil des Putamen, dann folgt lateral die Capsula externa und die Vormauer, Claustrum, und dann das Mark und die Rinde der Insula. Im ersteren löst sich der Fasciculus unci-

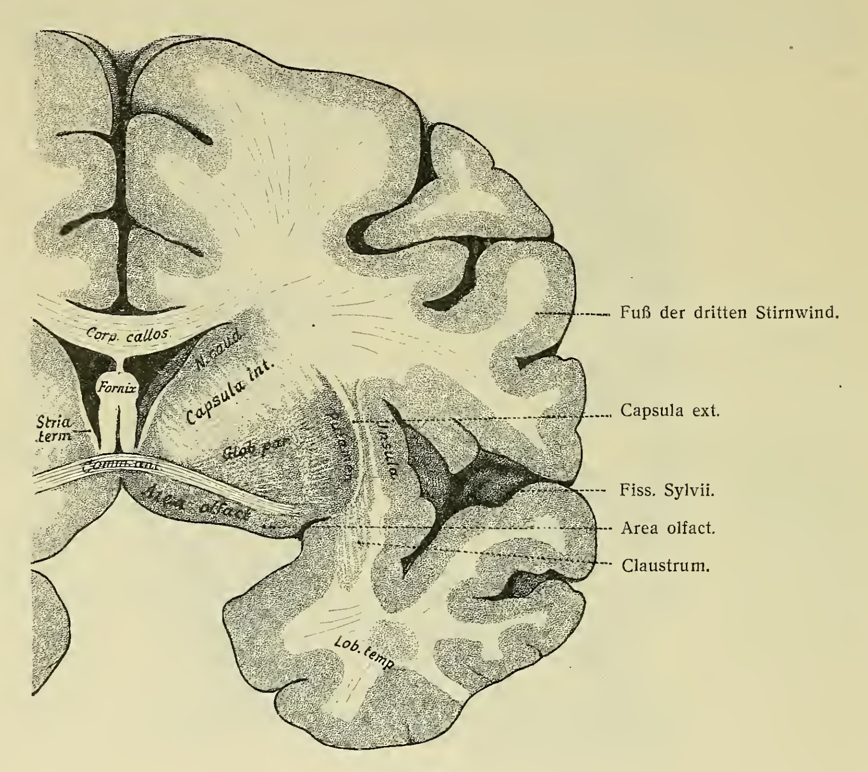


Fig. 259.

natus auf. Der Schnitt trifft hier schon das vordere Ende der Sylvischen Spalte.

Die ganze dorsale Hälfte des Schnittes wird eingenommen von den Markmassen, aus den drei Stirnwindungen Es sind zum allergrößten Teile Assoziationsfasern, welche Hemisphärengebiete unter sich verbinden, ganz besonders solche, die dem Stirnlappen speziell angehören, aber auch einige längere, so der Fasciculus arcuatus und uncinatus. Dazu kommt noch, daß hier das ganze Markweiß von Balkenfasern durchquert ist. Nur wenige weiße Fasern gelangen aus dieser Gegend in die Capsula interna, von klinisch wichtigen Zügen wesentlich nur die Stabkranzfasern aus dem Facialis- und dem Hypoglossuszentrum

und die Sprachbahn. Das ventrale Rindengebiet gehört den Gyri orbitales, unter welchen Riechlappen hinwegzieht.

Ein nur wenig weiter kaudal gelegter Schnitt geht durch den hintersten Abschnitt des Septum pellucidum und schneidet schon die da verlaufenden Fornixsäulen an. Ich lege einen solchen, Fig. 259, vor, weil er auch geeignet ist, den Verlauf der Commissura anterior, das Schmalerwerden des Schwanzkernkopfes und die Ausbreitung des Linsenkernes auf dem Querschnitte zu zeigen.

Die graue dreieckige Masse zwischen Kommissur und Schwanzkern gehört bereits dem zentralen Grau an, das den Thalamus überzieht. Der weiße Faserzug, der sie bedeckt und frei in den Ventrikel ragt, ist die Taenia semicircularis (Stria terminalis).

Dicht kaudal liegen an gleicher Stelle in gleichem Verlaufe die Züge der Taenia thalami. Ventral beginnt das Riechfeld aufzutreten.

Ein Schnitt, Fig. 260, der direkt da angelegt ist, wo der Riechlappen sich der Hirnbasis einpflanzt, trifft weiter dorsal den hinteren Abschnitt des Septums, wo sich die Fornixsäulen befinden. Vom kaudal ventralen Abschnitte des Gehirnes kommen sie hierher gezogen. Man wird ihren Querschnitten in allen folgenden Abbildungen begegnen, bis sie sich hier vorn nach der Basis zu wenden und ganz ventral in das zentrale Höhlengrau eintreten. Ihre ovalen Frontalabschnitte liegen im Grau direkt vor dem Querzuge der Commissura anterior.

Lateral von den Fornixsäulen liegt der hier nur spaltförmige Seitenventrikel, in den der frontalste Abschnitt des Thalamus, der Nucleus anterior, hineinragt. Er ist von weißen Fasern überzogen, die auch in sein Inneres dringen und ihn hier von dem Nucleus lateralis thalami trennen. An seinem lateralen und an seinem ventralen Ende nimmt der Thalamus hier Fasern auf. Die lateralen stammen aus der Kapsel und gehören ebenso wie die ventralen der Faserung aus der Rinde sowohl als auch derjenigen aus dem Stammganglion an. Speziell der Eintritt am ventralen Ende wird deutlich gebildet von dem unteren Stiele aus dem Schläfenlappen und der Linsenkernschlinge aus dem Corpus striatum.

Der inneren Kapsel haben sich in dieser Schnitthöhe die Fasern aus der vorderen Zentralwindung zu gutem Teile schon beigemengt, sie enthält mindestens schon die Stabkranzfasern für das Gesicht, die motorische Sprache, den Hypoglossus und einen Teil der Pyramidenfaserung für Arm und Hand. Fasern aus dem Schwanzkerne, die ventro-kaudalwärts ziehen, durchbrechen ihre aus dem Mantel stammenden Züge. Das Markweiß ist im wesentlichen noch zusammengesetzt wie auf den vorhergehenden Schnitten.

Lateral von der Kapsel ist jetzt die größte Ausbreitung des Corpus striatum getroffen, das Putamen und die 2 Glieder des Globus pallidus. Zahlreiche Markstrahlen entspringen in dem ersteren, sie gelangen zum guten Teile in die Linsenkernschlinge. Ventral vom Corpus striatum

erkennt man den Querschnitt der Commissura ant. Er liegt dicht über der Riechformation, deren Rinde und Mark hier wohl abscheidbar ist. Der Eintritt der Riechstrahlung in sie ist zu erkennen. Wenig frontal von dieser Gegend erhebt sich die Taenia thalami von der Basis dorsal und geht in den weißen Überzug ein, der die mediale Thalamusseite bedeckt. Doch ist der Verlauf an diesem Schnitte nicht zu sehen.

Den Schnitt 5 (Fig 261) ist direkt frontal von dem Chiasma angelegt. Dieses ist nicht durchtrennt, sondern ventralwärts umgelegt. Der

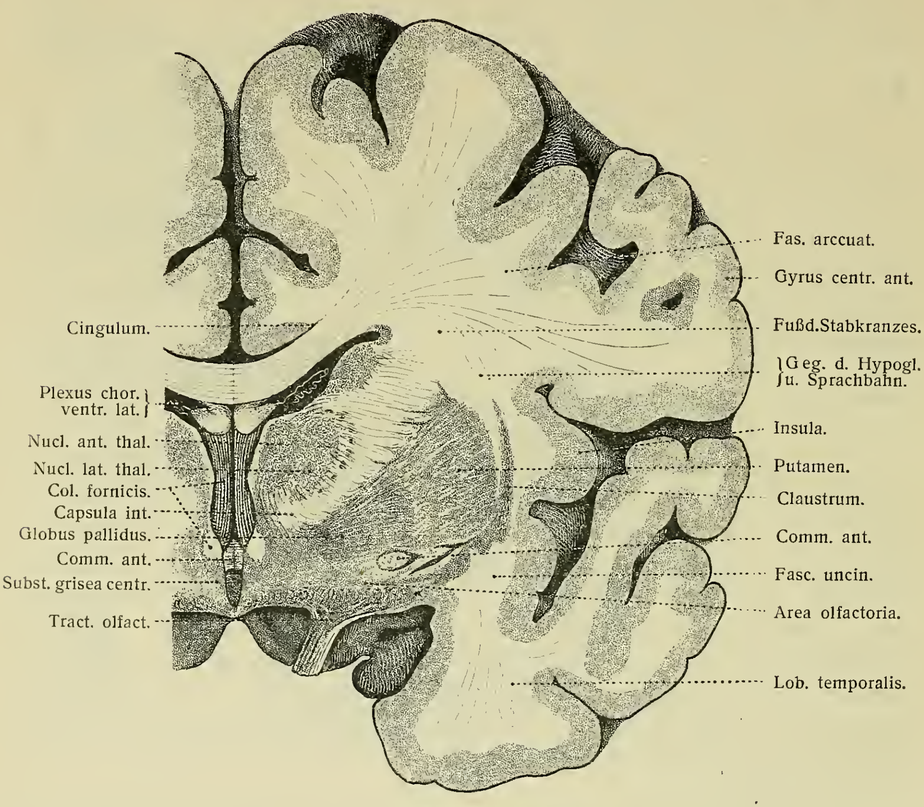


Fig. 260.

enge spaltförmige Ventrikel verlängert sich ventral in das Infundibulum. Er ist in seinem unteren Drittel von der Commissu ra media überquert. Die von dem Stratum zonale und der Taenia bedeckten Thalami ragen in ihn hinein, und oben wird er abgeschlossen von den Fornixsäulen, über denen der Balken liegt. Das laterale Ende jeder Säule setzt sich wie Fig. 260 zeigt, direkt in den Plexus chorioides ventriculi lat. fort. Dicht neben der Commisura mollis erblickt man im zentralen Grau die quer getroffenen absteigenden Fornixschenkel, die sich hier, das Grau des Infundibulum durchsetzend, kaudal und ventral zum Corpus mamillare wenden.

Vom Thalamus ist jetzt der Nucl. anterior, der Nucl. medialis und der Nucl. lateralis, auch die Gitterschicht sichtbar. Aus dem ersteren entwickelt sich der Tractus thalamo-mamillaris, Viq d'Azyrsches Bündel. Seine Ursprungsbündel und Fasern aus dem Stratum zonale, sowie Fasern noch unbekannter Herkunft erzeugen um den Nucleus ant. eine förmliche Markkapsel. Der laterale Teil dieser Kapsel und ein Stück des ventralen können weithin rückwärts als Lamina medullaris interna thalami verfolgt werden.

Vom Stammganglion ist dorsal und ventral der Schwanz des Nucl. caudatus sichtbar. Er hat an seiner medialen Seite den Zug der Stria terminalis. Ferner der Linsenkern mit seinen drei Gliedern, aus denen man gerade in dieser Höhe sich die Fasern der Linsenkernschlinge entwickeln sieht. Sie gelangen an den basalen Teil der Capsula interna, den sie durchqueren, um von unten her in die Thalamusganglien ein-

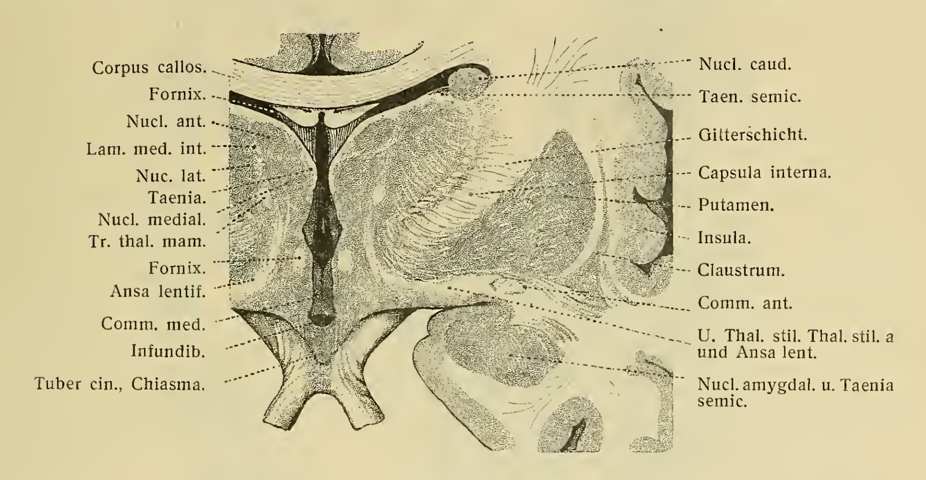


Fig. 261.

zutreten. Fast auf diesem ganzen Wege liegen sie der Faserung auf, welche aus dem Schläfenlappen als unterer Thalamusstiel ebenfalls in den Thalamus zieht.

Die innere Kapsel enthält hier ziemlich die ganze motorische Faserung. Außerdem die Bahnen aus dem Stirnhirne zur Brücke. Viele Stabkranzfasern treten aus ihr in den Thalamus. Die motorische Sprachbahn liegt noch an gleicher Stelle wie in der vorigen Figur. Ventral vom Linsenkerne liegt die Com. ant., und unter dieser erblickt man den Mandelkern, in dem die Taenia semicircularis endet.

Der Schnitt Fig. 262 folgt ganz nahe demjenigen der Fig. 261.

Dicht hinter dem Chiasma angelegt, zeigt er einerseits die volle Breitenentwicklung des Thalamus, andererseits als wichtiges Moment das Vortreten der Kapselfaserung an die Hirnbasis, die Anlage des Fußes. Zwischen Fuß und Thalamus legt sich die Regio subthalamica an, und

in dieser liegen neue Ganglien. Das „Ganglion der Zona incerta“, das Corpus subthalamicum (Luys) und ventral die Gangliengruppe des Corpus mamillare. Die letztere ist umfaßt von ihrer Markkapsel, in welcher der Fornix sich zunächst aufgelöst hat, und entsendet nach oben das Haubenbündel Tractus mamillo-tegmentalis und den Tractus thalamo-mamillaris — Vicq-d'Azyrsches — Bündel, die zunächst vereint einherziehen.

Der Nucleus lateralis und medialis thalami lassen dorsal zwischen

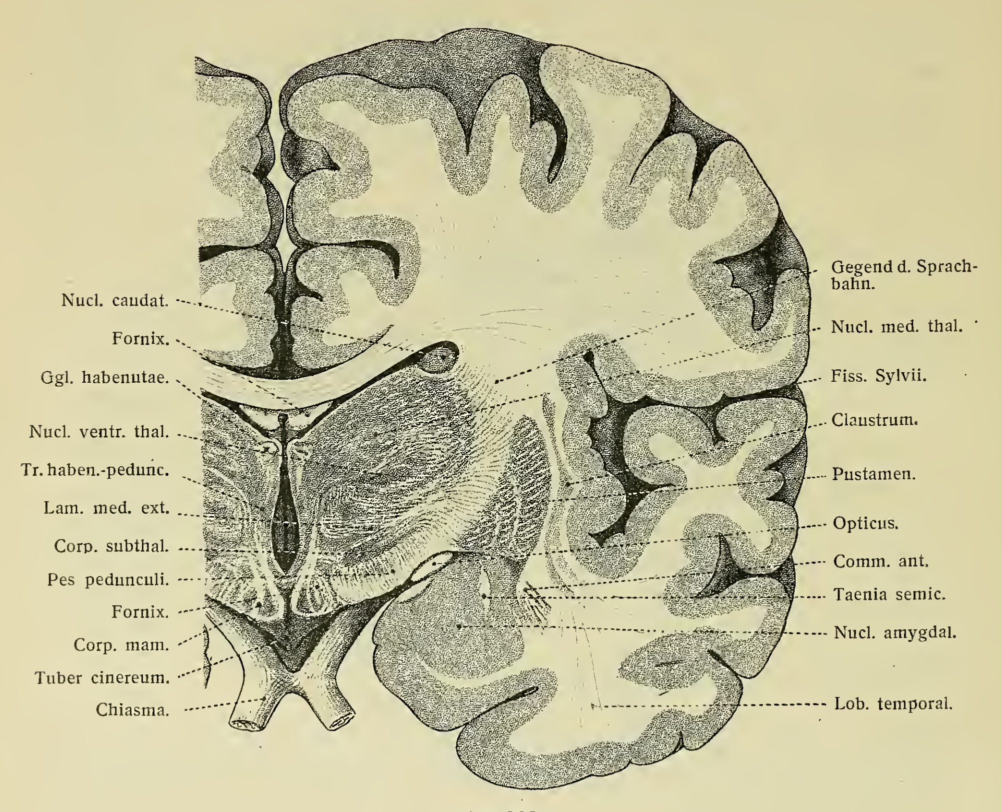


Fig. 262.

sich noch dem kaudalen Ende des Nucleus ant. Raum, ventral fließen sie zusammen. Hier beginnt die Region des Nucleus ventralis. Der kaudalste Anteil der Ansa lentiformis strahlt hier ein, und andere Fasern aus dem Stammganglion wenden sich zu den grauen Kernen der Regio subthalamica. Die Lamina medull. interna thalami ist viel faserreicher geworden, und zwischen Gitterschicht und seitlichem Kern entwickeln sich die Züge der Lamina med. externa thalami. Das Stratum zonale ist wesentlich verschmälert, und statt der Taenia ist ihr Endpunkt, des Ganglion habenulae nun zu erblicken. Linsenkern, Vormuer, Kapsel, Inselrinde bieten außer etwas veränderten Formen nicht etwas

wesentlich von früher gezeigten Schnitten Abweichendes. Im Markweiß dürfen die langen Assoziationszüge noch immer an den gleichen Stellen gesucht werden, wo sie in Schnitt Fig. 261 lagen.

Kaudal von der Gegend des vorigen Schnittes legen sich in der Regio subthalamica und in der hier erwachsenden Haube die einzelnen Bestandteile so enge aneinander an, daß sie ohne Färbung und Vergrößerung zumeist nicht abscheidbar sind. Es wird deshalb an den Abbildungen weiter vorn im Texte vieles klarer sein als in Fig. 263, die ich jetzt demonstriere.

Die Thalamusganglien zerfallen hier in drei Massen. Lateral und den größten Teil des Querschnittsfeldes einnehmend liegt der kaudale Teil des Nucleus lat., das Pulvinar, eine Endstätte optischer Fasern.

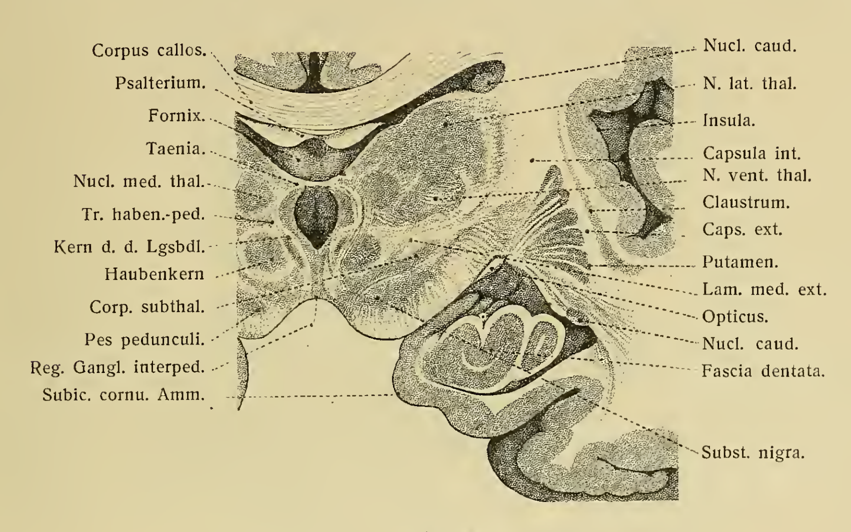


Fig. 263.
Schnitt durch die Gegend der Regio subthalamica.

Unter ihm liegen die Abschnitte des ventralen Kernes. In diesen Kernen vorwiegend erschöpft sich die sekundäre, sensorische Bahn aus den Kernen der sensiblen Nerven. Sie gelangt hier herauf als Lamina medullaris externa, eine Fortsetzung der oberen Schleife. Vom medialen Kern ist der caudalste Teil sichtbar. Aus dem Großhirn strahlt von der Seite her die Haubenstrahlung ein.

In dieser Schnitthöhe sind die Kerne und Fasern des Hypothalamus voll entwickelt. Sein Zentrum nimmt der rote Kern der Haube ein, der hier von den Fasern des Tractus habenulo-peduncularis durchschnitten wird, die aus dem Ganglion habennulae zum Corpus interpedunculare zwischen den beiden Hirnschenkeln herabziehen. In den roten Kern strahlen lateral Züge aus dem Stabkranz und ebensolche aus dem Corpus striatum ein, eine mächtige Markkapsel um ihn bildend. Die weißen Pünktchen in seinem Innern sind Querschnitte der aus

dem Kleinhirne hierher tretenden Bindearme. Medial vom roten Kerne liegen die frontalsten Kerne des dorsalen Längsbündels, welches von hier an bis in das Rückenmark zu verfolgen ist. Dann folgt ganz medial das zentrale Höhlengrau, das sich eben anschickt sich auch dorsal abzuschließen und den weiten Ventrikel der vorhergehenden Figuren zum engen Aquaeductus Sylvii zu gestalten.

Die Faserung aus der Rinde ist in dieser Gegend deutlich in den ventralen Fußabschnitt und den dorsal liegenden, in den lateralen Thalamus eintretenden Anteil getrennt. An der Grenze beider liegt außen am Gehirne der Tractus opticus. Von dem Stammganglion ist der kaudalste Abschnitt des Nucleus lentiformis zu sehen. Zwischen ihm und dem Schwanzkern verlaufen Fasern aus dem Schläfenlappen zum Thalamus und etwas weiter lateral tritt hier die Commissura anterior in die Umgebung des Unterhornes. In das Unterhorn selbst sieht man nun die frontalste Partie des Ammonshornes sich einstülpen, an welcher die Zähnelung der Fascia dentata sichtbar ist. Außerhalb des Ventrikels und von diesem durch den Plexus chorioides geschieden liegt der Tractus opticus. Der Hirnschenkelfuß ist von dem der anderen Seite durch die Substantia perforata posterior getrennt.

Die beiden Fornixsäulen vereint die kurze dünne Platte des Psalteriums.

In dem nächsten Schnitte (Fig. 264) sind bereits die vorderen Vierhügel aufgetreten; was von dem Thalamus noch hier vorhanden, das Pulvinar, liegt von ihnen lateral. Das ist die Gegend, wo die Optikusfasern ihr Ende finden und wo die Sehstrahlung ihr Endstätten, von der Occipitalrinde herkommend, erreicht. Sie dringt, von der Seite kommend, in das Pulvinar, in das Geniculatum laterale und in den Stil des vorderen Hügels. Medial vom Geniculum laterale liegt das Endganglion der Hörstrahlung, das Geniculatum mediale.

Hier hat sich nun bereits Hauben- und Fußregion scharf geschieden In der ersten ist gut die obere Schleife, der Traktus aus dem Rückenmark und der Oblongata zu der Lamina medullaris externa thalami sichtbar, außerdem ist die Region des roten Haubenkernes in welcher die vorderen Kleinhirnarme gekreuzt enden, nun gut entwickelt. Das Vierhügeldach schließt nun die Ventrikelhöhle — Aquaeductus — ab. Sie ist von dem zentralen Grau umgeben, in dem hier die Kerne des Oculomotorius auftreten. Weiße Züge aus dem tiefen Vierhügelmark umgeben das Grau. Die Substantia nigra und dann der Hirnschenkelfuß schließen den Hirnstamm ventral ab. Lateral liegt an der Basis das Ammonshorn, dessen Mark — Fimbria — gut sichtbar ist.

Die Sehstrahlung, Radiatio occipito-thalam., und die Bahn aus dem Schläfenlappen zum Genic. mediale, die schon auf der vorigen Abteilung als Stiel desselben bezeichnet war, sind nun deutlich sichtbar.

Das Markweiß enthält in seinem dorsalen Gebiete vorwiegend Balken- und kurze Assoziationsfaserung. Von langen Bahnen kann

etwa der F. arcuatus hierher verfolgt werden. In seiner ventralen Hälfte besteht das Weiß vorwiegend aus der Faserung, welche dem Occipitallappen entstammt und entweder Eigenfaserung dieses oder Stabkranzfaserung zum Thalamus und lateralen Fußbündel ist.

Die Fornixschenkel sind nun nicht mehr da, es liegt unter den Balken vielmehr die breite Platte des Psalteriums, an deren Rändern die Fimbriae liegen. Durch Faseraustausch in diesem Gebiete entstehen die wirklichen Fornixsäulen. Ganz unten ist der Ursprung der

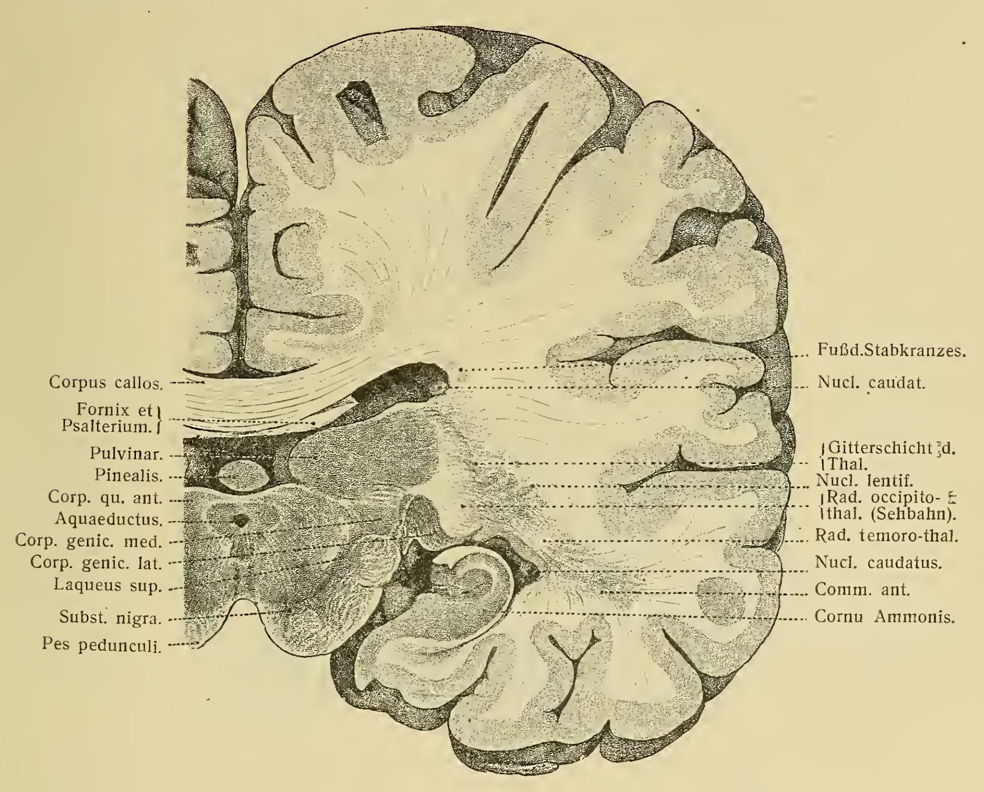


Fig. 264.

Fimbria aus dem Markweiß der Ammonsrinde und dessen Lage zum Unterhorn des Ventrikels zu bemerken.

Wir wollen die Sehstrahlung nun gleich weiter rückwärts bis in die Spitze des Occipitallappens hinein verfolgen, damit sich ihr Gesamtbild klar entwickele. Deshalb lege ich hier in Fig. 265 einen Schnitt vor, der ca. $^3/_4$ cm hinter demjenigen von Fig. 264 angelegt ist.

Die vorderen Vierhügel sind gerade halbiert. Von der Schnittfläche des Hirnschenkels aus sieht man rechts in der Tiefe das Pulvinar und die Corpora geniculata. Die Entwicklung des Hirnschenkelfußes aus der Kapsel wird besonders klar beim Vergleiche dieses Schnittes mit

den weiter vorn gelegenen, weil das Hervortreten aus der Hirnbasis hier so gut sichtbar ist.

Die Sehstrahlung ist schon auf Schnitt Fig. 264 in ihre Endstätten eingetreten, wir erblicken sie nur als graues Querschnittsfeld mitten im Markweiß lateral von dem Ventrikel.

Der Schnitt Fig. 266 zieht dicht vor dem kaudalen Balkenende herab. Sein sehr lehrreiches Bild läßt erkennen, wie sich aus der Splenium-faserung die Balkentapete entwickelt, welche das Hinterhorn auskleidet und auch die Innenseite des Ammonshornes überzieht. Das Ammonshorn ist hier dicht vor dem Hinterhauptlappen nicht mehr getroffen.

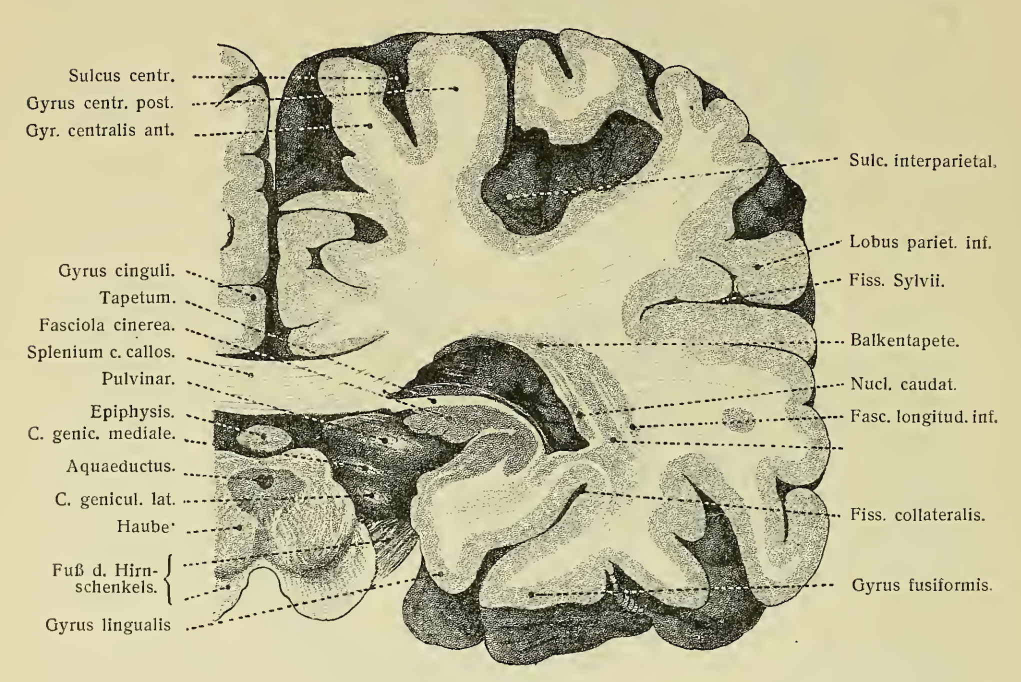


Fig. 265.

wohl aber die Gyri callosi am Uebergang der Ammonswindung in der Gyrus fornicatus. Der Ventrikel öffnet sich einerseits kaudalwärts in das Hinterhorn, andererseits ventralwärts in das Unterhorn. Deshalb erscheint er so lang und breit. Nach außen von der Sehstrahlung liegt das Längsbündel aus dem Occipitallappen in den Schläfenlappen. Im dorsalsten Gebiete gehört das Mark noch der Strahlung aus dem obersten Stücke der beiden Zentralwindungen an, dann folgt weiter nach außen das Gebiet der Scheitellappen und darauf das Mark des Gyrus angularis und der Schläfenwindungen.

Der in Fig. 267 abgebildete Schnitt liegt direkt an der Basis des keilförmigen Hinterlappens, also hinter dem Balkenende. Der breit eröffnete, von dem Tapetum überzogene Ventrikel führt an seinem

dorsalen Ende in das Hinterhorn, an seinem ventralen aber, wo man medial die Dentatuswindung wegen seiner Krümmung wieder angeschnitten findet, in das Unterhorn des Schläfenlappens. Dorsal vom Ammonshorn fällt die breite Masse der Balkenfasern auf, welche sich von den Endstätten im Occipitallappen zum Balkenwulste begeben und hier, dicht vor dem Eintritte in das Splenium, abgeschnitten sind.

Der Radiatio occipito-thalamica begegnen wir nun, in größerer Breite als bisher, nach außen vom Tapetum. Sie liegt hier unter den Windungen

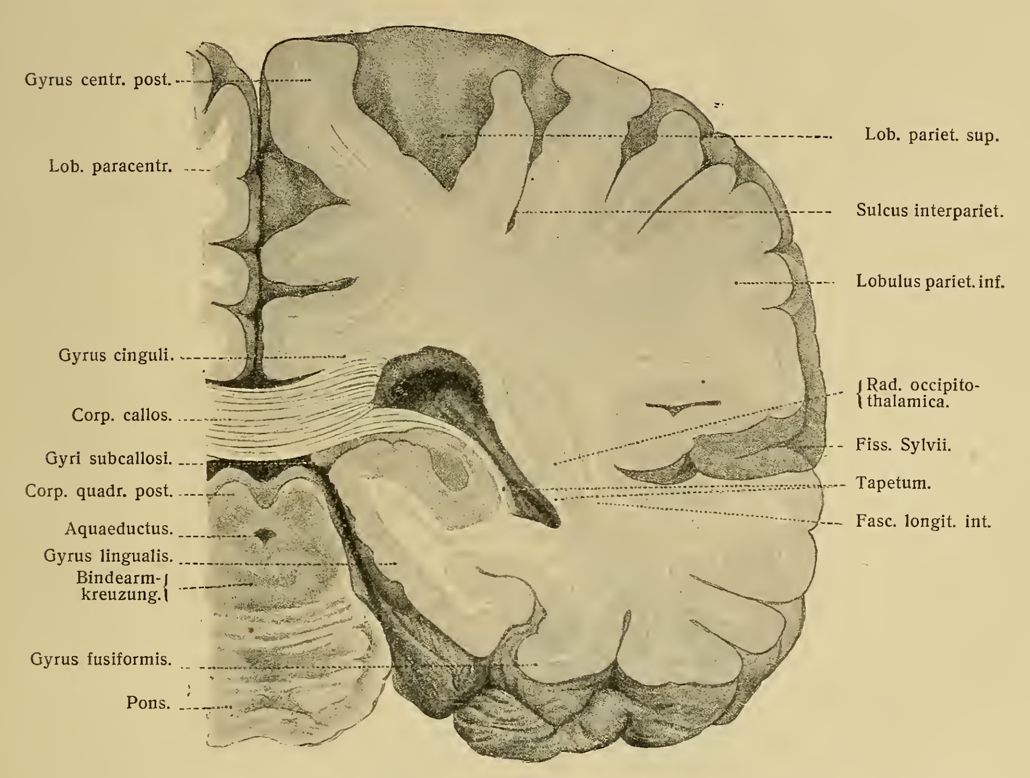


Fig. 266.

des Schläfenlappens und diese Lage erklärt, daß manchmal Herde im Gyrus marginalis oder angularis zu Hemianopsie führen. Sie werden, wenn sie nicht gar zu oberflächlich sind, immer die Sehstrahlung treffen müssen.

Auch der Fasciculus longitudinalis inferior, der Traktus aus dem Hinterhauptlappen zum Schläfenlappen, dessen Querschnitt Sie nach außen von der Sehstrahlung wieder, wie auf den früheren Schnitten, finden, ist hier breiter als vorher, weil wir uns seinem Ursprungsgebiete nun nähern. Die eigentümlich abgeschrägte Form des Schnittes an der Unterseite erklärt sich daraus, daß hier die Kleinhirnhemisphären sich, nur durch das Tentorium getrennt, an das Cerebrum anlegen.

Gyrus centr. post.
Lobulus paracentr.
Sulcus cinguli.
Praecuneus.
Gyrus cinguli.
Tapetum
Corpus callos.
Ventriculus.
Cornu Ammonis.
Fiss. parieto-occip.
Gyrus lingualis.
Gyrus fusiformis.
Lob. pariet. sup.
Sulcus interp.
Lob. pariet. inf.
Fiss. Sylvii.
Sulc. temp. sup.
Gyrus temp. med.
Fasc. longit. inf.
Rad. occiptio-thalam.
Tapetum.
Gyrus temp. inf.

Fig. 267.

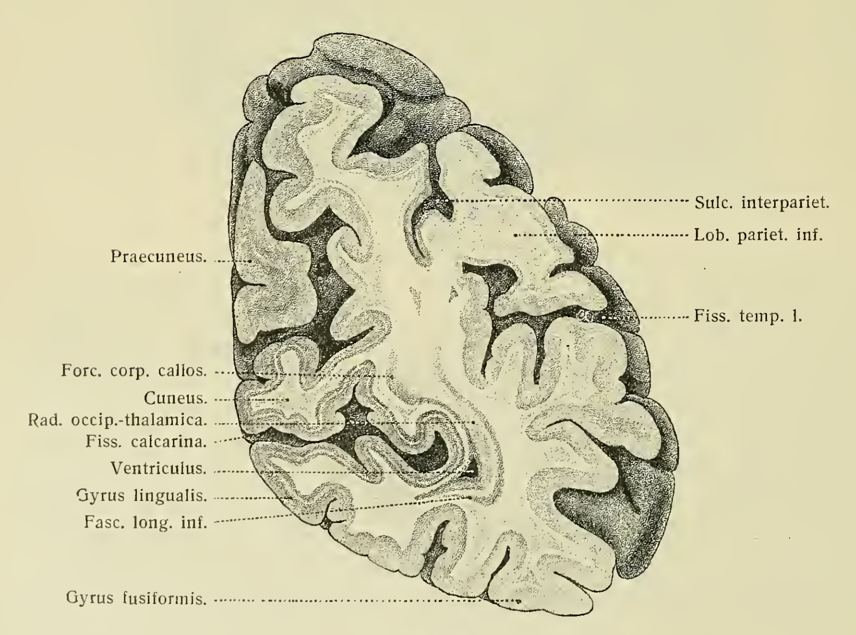


Fig. 268.

Nun sehen Sie sich zuletzt noch einen Schnitt (Fig. 268) an, welchen ich ganz nahe am kaudalen Hirnpole durch den Occipitallappen gelegt habe. Das Hinterhorn des Ventrikels, das eben als kleiner Spalt noch sichtbar ist, mag Sie über die Lage der Gesamtfaserung wieder orientieren.

Aus der Umgebung der hier tief einschneideuden Fissura calcarina entspringt die Sehfaserung, die wir nun von ihrem Ursprunge bis zu ihrem Ende im Thalamusgebiete und in den Vierhügeln verfolgt haben. Die letzten Ausstrahlungen der occipitalen Balkenfaserung, des Forceps, trennen sie wieder vom Ventrikelgrau. Der Fasciculus occipito-temporalis oder longitudinalis inferior liegt nicht mehr lateral, sondern ventral von ihr.

Der größte Teil des übrigen auf dem Schnitte sichtbaren Markweißes gehört der Eigenfaserung des Occipitallappens, den kurzen Bahnen an, welche seine einzelnen Rindengebiete unter sich verknüpfen.

Erratum: S. 118 muß es Zeile 17 v. o. statt Monakow heißen: Held, und statt Bruce: Risien-Russell.

Register.*)

Abducens 175. 176.
Accessorius Willisii 136.
Achsenzylinderfortsatz **26.** 34.
Akustikus **167.**
—, absteigende Wurzel (Roller) 173.
—, Endstätten 169.
—, sekundäre Strahlung 362.
Ala cinerea 165.
Alveus 334.
Ammonsformation 333.
Ammonsfurche 291 (s. auch Fissura hippocampi).
Ammonshorn s. cornu Ammonis.
Ansa lentiformis 273. 355. 278.
Ansa peduncularis 278.
Aquaeductus Sylvii 65. 226.
Arbor vitae 205.
Archipallium 288. **303.**
Area olfactoria 289.
Area parolfactoria 289.
Assoziationszentren 363.
Assoziationsfasern 338.
Assoziationsfelder 307.
Assoziationszellen 39.
Atemzentrum 152.
Augenmuskelinnervation 247.
Augenmuskelnerven **245.**
—, kortikale Bahn zu diesen 248.
—, Kerne 245.

Bahn erster Ordnung 35.
Bahn zweiter Ordnung 36.
Bahnzellen 109.
Balken s. Corpus callosum.
Basale Optikuswurzel 267.
Basales Grau 347.
Basales Riechbündel 348.
Basales Vorderhirnbündel 355.
Basomediales Grau des Vorderhirns 286. **350.**
Bechterewscher Kern 173.
Baillargerscher Streif 328.
Bechterewscher Streif 329.
Bechterews zentrale Haubenbahn s. Tr. thalamo-olivaris.
Bergmann-Deitersche Fasern 220.
Bewegungskombination 42.
Bindearme s. Tractus cerebello-tegmentales.
Bindearmkreuzung 214. 226.
Bogenbündel 339.
Bogenfurche 321.
Brücke s. Pons.
Bulbus olfactorius 200. 335.
Burdachsche Stränge 102.
— Kerne 138.
Bündel vom Fuß zur Haube 229.
Bündel von der Schleife zum Fuß 228.

Calcar avis 316.
Capsula externa 83.
Capsula interna 67. 82. **364.**
—, Erkrankungen 366.
Capsula nuclei rubri 272.
Cauda equina 88.
Cerebellum 59. **202.**
—, Entwicklung 68.
—, Einteilung 206.
—, Kerne 212.
—, Faserverlauf 213.
—, Rinde 208.
—, Neuroglia 221.
—, Arme 79. 203. **213.**
Chiasma 81. **263.**
Cingulum 339.
Clarkesche Säule 104. 109.
Claustrum 83. 352. **353.** 355.
Cochlearis **167.** 170.
—, Nucleus 166.
Columna vesicularis s. Clarkesche Säule.
Columnae fornicis 76 (s. auch Fornix).
Commissuren des Vorderhirns 341.
Commissura anterior des Gehirns 77. **293.** 341. **344.**
Commissura anterior des Rückenmarkes (C. alba) 95.
Commissura habenularum 78. **257.** 280.
Commissura inferior Gudden 262. 281.
Commissura Meynert 281.
Commissura mollis 77. 282.
Commissura posterior des Gehirns 78. **241.**
—, Kern 245.
Commissura posterior des Rückenmarks (C. grisea) 95.
Conus terminalis 87.
Cornu Ammonis 76. 305.
—, Rinde 333.
—, Stabkranz desselben 360.
Corpora quadrigemina 63. **234.** 244.

*) C. siehe auch Z.

Corpus candicans s. Corpus mammillare.
Corpus callosum 67. 74. 293. **315.** 341.
—, Entwicklung 67.
Corpus dentatum cerebelli 212.
Corpus ectomammillare s. Ganglion ectomammillare.
Corpus geniculatum mediale 235. 238. **262.**
Corpus geniculatum laterale 78. 235.
Corpus habenulae s. Ganglion habenulae.
Corpus interpedunculare s. Ganglion interpedunculare.
Corpus mammillare 81. **260.** 272.
Corpus opticum 69.
Corpus paraterminale 291.
Corpus pineale 77.
Corpus praecommissurale 350.
Corpus quadrigeminum posterius 238.
— — anterius 239.
Corpus restiforme 79. 150. 203. **216.**
Corpus striatum 59. 67. 286. **352.**
— Entwicklung 64.
— Funktion 357.
Corpus subthalamicum (Luys) 270.
Corpus trapezoideum 169.
Crura fornicis (s. auch Fornix) 260.
Cuneus 316.

Dachkern des Cerebellums 212.
Dach des Mittelhirns 235.
Dachkreuzung des Mittelhirns 236.
Dach des Zwischenhirns 253.
Deckplatte des Zwischenhirns 255.
Decussatio subthalamica posterior 260. 282.
Deiterscher Kern 162. 173.
Deiterssche Zellen 17. 337.
Dendriten **26.** 34.
Dermatom 89.
Diencephalon 64
Direkte sensorische Kleinhirnbahn 219.
Dorsalstränge s. Hinterstränge.
Dreikantenbahn (Hellweg) s. Tractus spino-olivaris.

Endogene Fasern 101. 108.
Endplatte 34.
Entwicklung des Gehirnes 59.
Entwicklung des Säugergehirnes 62.
Embolus cerebelli 212.
Eminentiae laterales tuberis cinerei 282.
Eminentia saccularis tuberis cinerei 282.
Epiphyse 255. **256.**
—, Entwicklung 68.
Epistriatum 356.
Ersatztheorie 18.

Facialis 166.
—, Nucleus 175.
Fasciculus arcuatus 339.
Fasciculus longitudinalis dorsalis 160. 162. 189. 231. **248.**
—, Bedeutung 177.
—, Kern 250. 270. 274.
Fasciculus longitudinalis inferior 339.
Fasciculus marginalis 128.
Fasciculus retroflexus 230. 274. 281.
Fasciculus solitarius 146.
Fasciculus subcallosus 342.
Fasciculus sulco-marginalis 127.
Fasciculus uncinatus 339.
Fibrae arcuatae externae anteriores 153.
— — — posteriores 153.
Fibrae arcuatae internae 151. 160.
Fibrae propriae der Rinde 338.
Fila olfactoria 304.
Fila lateralia pontis 184.
Filum terminale 87.
Fimbria 76. 291. 315. 360.
Fissura chorioidea 320.
Fissura hippocampi 291. **296.** 317.
Fissura limbica 288. **296.**
Fissura prima cerebelli 206.
Fissura rhinalis 293. 296.
Fissura secunda cerebelli 206.
Flocculus 205.
Folium vermis 204.
Fontäneartige Haubenkreuzung (Meynert) 236.
Foramen Magendii 139.
Foramen Monroi 77.
Forceps major 341.
Forceps minor 341.
Forelsche Kreuzung 233. 282.
Formatio bulbaris 305.
Formatio-reticularis s. Oblongata: Assoziationsfeld.
Fornix 75. **315.** 360.
—, Entwicklung 65.
—, Corpus 76.
—, Columnae (Fornixsäule) 76. 280 315. 360.
—, Fimbria 79 291. 315. 360.
Fornix longus 362.
Fossa Sylvii (Fissura Sylvii) 66. 289. **297. 310.**
Frontallappen 66.
Froriepsche Anlage 71.
Fuß des Hirnschenkels 185.
Fußfaserung 226.

Ganglienentwicklung 46.
Ganglienknoten 36.
Ganglienleiste 47.
Ganglienzelle 15. **19.** 40.
Ganglion basale 346.
Ganglion taeniae 346.
Ganglion der Linsenkernschlinge 278.
Ganglion ectomammillare 267. 282.
Ganglion habenulae 78. 275. 280.
Ganglion interpedunculare **229.** 250.
—, Haubenbündel desselben 230.
Ganglion isthmi 194. 267.
Ganglion labyrinthi 173.
Ganglion mesencephali profundum laterale 237. 244.
Ganglion mesencephali profundum mediale 237.
Ganglion subopticum anterius (Lenhossek) 282.
Ganglion subopticum posterius (Meynert) 282.
Gennarischer Streif 328.
Geruchsapparat **345.** 360 (s. auch Riechapparat).

Gitterschicht des Thalamus 276.
Glandula pinealis s. Epiphysis.
Globus pallidus 83. 352. **353.**
Glomeruli olfactorii 335.
Glossopharyngeus **145.** 147.
—, Nucleus 147.
Gollsche Stränge 102.
— —, Kerne derselben 138.
Gowersches Bündel s. Tractus spino-cerebellaris ventralis.
Granularschicht 208.
Gratioletsche Sehstrahlung 263. 359.
Großhirn (s. auch Vorderhirn) 285. 294.
—, Eigenapparat 307. 337.
—, des Menschen **309.**
—, Commissuren 341.
—, Funktion 369.
Guddensche Kommissur 262. 281.
Gyrenzephale Säuger 294.
Gyri des Großhirnes 309.
Gyri centrales 311.
Gyrus angularis 314.
Gyrus cornu ammonis 333.
Gyrus dentatus 291. 317. 333.
Gyrus fasciolaris 318.
Gyrus fornicatus 315.
Gyri frontales 312.
Gyrus fusiformis 317. 320.
Gyrus hippocampi 316.
Gyrus limbicus 296.
Gyrus lingualis 317.
Gyrus marginalis 314.
Gyrus paradentatus 317.
Gyrus subcallosus 316. 320.

Hakenbündel 339.
Haube (s. auch Tegmentum) 185. 244. 359.
—, Kerne 231.
—, Fontaineartige Kreuzung 236.
—, Phylogenie 185.
—, Strahlung 359.
Haubenbahn, zentrale (Bechterew) s. Tractus thalamo-olivaris.
Haubenbündel des Ganglion interpedunculare 230.
Haubengegend des Mittelhirns 231.
Haubenwulst 69.
Hautsinnesapparate 15.
Heldsche Becher 170.
Hemmung 44.
Hemianopsie 268.
Henle-Picksches Bündel 158.
Hintere Kommissur des Rückenmarks s. Com. posterior.
Hinterhirn 62.
Hinterhorn 95. **107.**
Hinterstrang 95. **102.** 108. 128.
—, ventrales Feld 111.
—, ovales Feld 125.
—, Schultzesches Comma 101. 111.
—, Funktion 130.
—, Kerne 103. 138.
Hirnmantel s. Pallium.
Hirnbasis 80.
Hirnfurchen 321.
Hirnnerven 142.
—, Kerne 142. 197.
Hirnrinde 294. **324.**
—, der Ammonsformation 333.
—, des Lobus olfactorius 335.
—, Funktion 370.
Hirnsand 257.
Hirnschenkel s. Pedunculus.
Hirnwägung 323.
Hirnweiß 294.
Hirnwindungen 294. **295.**
Hyperstriatum 356.
Hypophysis **258.**
—, Entwicklung 69.
Hypoglossus 142.
—, nucleus 142.
—, zentrale Bahn 362.
Hypothalamus 254. **269.**

Infundibulum 77. 81 **258.**
Insel (Insula Reili) 83. 299. **310.** 364.
Interradiäres Flechtwerk 328.
Intumescentia cervicalis 87.
—, lumbalis 87.

Kammsystem des Fußes 229.
Keimblatt, äußeres 15.
Keimepithel 16.
Keimzellen 16.
Kerne der Augenmuskelnerven 245.
Kern des zentralen Höhlengrau 244.
Kernlokalisation im Rückenmarke 108.
Klangstab (Bergmann) 170.
Kleinhirn s. Cerebellum.
Kleinhirnbahn, direkte sensorische 219.
Kleinhirnseitenstrangbahn (s. auch Tr. spinocerebellaris dorsalis) 218.
Kleinzelliger Lateralkern 246.
Körnerschicht 209.
Kollateralen 34.
Kommissurenplatte 68.
Kugelkern des Kleinhirns 212.
Kulmen 204.
Kupfersche Anlage 71.

Längsbündel, hinteres s. Fasciculus lontudinalis dorsalis.
Längsbündel, unteres 339.
Lamina commissuralis mesencephali 236.
Lamina medullaris circumvoluta 334.
Lamina medullaris externa thalami 270.
Lamina medullaris interna thalami 272. **275.**
Lamina terminalis 62. 256.
Laqueus s. Schleife 384.
Lateralstrang s. Seitenstrang.
Laryngeuskern 144.
Laterale pontine Bahn 228.
Lingula 204.
Linsenkernschlinge 273.
—, Ganglion derselben 278.
Lissenzephale Säuger 294.
Lobulus centralis cerebelli 204.
Lobus cuneiformis 205.
Lobus frontalis 311.
Lobus occipitalis 314.
Lobus olfactorius 64. 81. 304. **320.**
— —, Rinde 335.
Lobus parietalis 311. 313.
Lobus pyriformis 305.

Lobus quadrangularis 204.
Lobus semilunaris inferior 204.
Lobus semilunaris superior 204.
Lobus temporalis 313.
Locus coeruleus 178.
Luysscher Körper 260. 270.
Lyra Davidis (Psalterium) 76.

Mandelkern s. Nucleus amydalae.
Markplatte 16.
Markkern des Kleinhirns 208.
Markscheidenentwicklung 31. 328. 337. 363.
Markstrahlen 328.
Medulla oblongata s. Oblongata.
Medulla spinalis 59. **95.**
—, Gesamtaufbau 125.
—, Graue Substanz 97.
—, Weiße Substanz 97. 101.
—, Eigenapparat 98.
—, Endogene Fasern 101. 108.
—, Bahnzellen 109.
—, Assoziationszellen 109. 110.
—, Intermediärzellen 110.
—, Strangzellen 110.
—, Hintere Kommissur 128.
—, Vordere Kommissur 128.
—, Kernlokalisation 108.
—, Funktion 130.
—, Halbseitenläsion 131.
Mesencephalon 62.
Mesostriatum 356.
Metathalamus 254.
Meynertsche Kommissur 281.
Meynertsche Haubenkreuzung 244.
Mittelhirn **225.**
—, Zwischenschicht 229.
—, Haubengegend 231.
— Funktion 251.
Mittelhirnbasis 59.
Mittelhirndach 59. 62. 68.
Mittelhirnganglien 59.
Molekularschicht 208.
Monakowsches Bündel 117. 190. 232. 272.
Monticulus 204.
Motorische Nerven 45. 71.
Motorische Wurzeln 46.
Myotom 89.
Nebenolive, innere 148.
—, hintere 148.
Neopallium 288.
—, Windungen 288.
Nerven s. die einzelnen.
Nervenareal 88.
Nervenfasern 19.
Nervenfibrillen 19. 24. 28.
Nervengewebe 19.
Nervenknoten 15. 59.
Nervennetze 26. 30.
Nervensystem, Aufbau des 33.
Neurit 26. 34.
Neuroblasten 16.
Neuroglia 16. 336.
—, im Rückenmark 97.
—, im Kleinhirn 221.
—, im Großhirn 336.
Neuron 27.
Neuromeren 89.
Neurontheorie 27.
Neurosomen 21.
Nißlkörner 22.
Nodulus 205.
Nuclei der Hirnnerven s. diese.
Nuclei thalami 77.
Nucleus ambiguus 144.
Nucleus amygdalae 83. 352. **353.** 356.
Nucleus anterior thalami 277.
Nucleus arciformis thalami 275.
Nucleus arciformis **148.** 153. 165.
Nucleus bulbo-spinalis nervi trigemini 179.
Nucleus caudatus 67. 286. **352.** 354.
Nucleus centralis thalami 271. 275.
Nucleus commissurale posterioris 246
Nucleus dentatus cerebelli 212.
Nucleus fasciculi longit. dors. 250. 274.
Nucleus funiculi teretis 165.
Nucleus globosus cerebelli 212.
Nucleus intracommissuralis 242.
Nucleus lentiformis 67. 83. **353.**
Nucleus magnocellularis thalami 277.
Nucleus olivaris inferior 148.
Nucleus olivaris superior 169.
Nucleus praetectalis 242.
Nucleus reticularis 137.
Nucleus reticularis tegmenti 189.
Nucleus ruber 231. 243. 278.
Nucleus salivatorius 176.
Nucleus tegmenti 173.
Nucleus tegmenti cerebelli 212.
Nucleus tegmenti dorsalis 194.
Nucleus tegmenti ventralis 194.
Nucleus trapezoideus 169.

Oblongata 78. **134.**
—, Entwicklung 59. 69.
—, Gesamtaufbau 158.
—, Eigenapparat 147.
—, Assoziationsfeld 112. 151. 160.
—, Kern des Assoziationsfeldes 152.
—, Leitungsapparat 147.
—, Motorisches Feld 159.
—, Sensorisches Feld 160.
—, Cerebellares Feld 160.
Occipitallappen 66. 314.
— windungen 314.
— furchen 314.
Oculomotorius **246.**
—, Ursprungskerne 246.
Olfactorius 81. 303. 320. **336.**
—, Entwicklung 64.
Oliva inferior 134. 148.
Oliva superior 169.
Olivenzwischenschicht (s. Thalamusschleife) 142.
Operculum 290 310.
Opticus 81. 360.
—, Ursprung 253. **262.**
—, Primäre Zentren **263.**
—, Basale Wurzel 267.
—, Isthmuswurzel 267.
—, Physiologie und Pathologie 267.
Ovales Feld der Hinterstränge 125.

Pallium 59. 64. 69. **286.** 294. 307.
—, Phylogenetisches 61. 301. 307.

Pallium des Menschen 309.
—, Funktion 300.
Pallium basale 287.
Pallium marginale 287.
Parazentrallappen 315.
Paraflocculus 207.
Paravermis 207.
Pars subicularis hippocampi 317.
Pars tecta hippocampi 317.
Pedunculus cerebri 78. 226.
Pedunculus conarii 78 s. auch Taenia.
Periphere Innervation 45.
Peripherer Nerv 46. 84.
—, Entwicklung 46.
Pes hippocampi major 291. 318.
Pes lemniscus 228.
Pes pedunculi 185. **226.** 243. **367.**
Plexus chorioideus 76.
—, Entwicklung 65
Plexus ventriculi quarti 69.
Pons **183.**
—, Entwicklung 63. 69.
—, Ganglien 183.
—, Brachia 184.
Portio intermedia Wrisbergi 176.
Praecuneus 315.
Processus reticularis 96. 112.
Proencephalon 62.
Protoplasmafortsätze **26.** 34.
Primärganglion 47.
Primärmechanismus 60.
Primäre Optikuszentren 263.
Psalterium 76. 293 341. **344.**
Projektionsfelder der Rinde 373.
Pulvinar 78. 275.
Pupilleninnervation 247.
Purkinjesche Zellen 209.
Putamen 83. **352.** 354.
Pyramiden s. Tractus cortico-spinalis.
Pyramidenkreuzung 136.
Pyramidenseitenstrangbahn s. Tr. cortico-spinalis cruciatus.
Pyramidenvorderstrangbahn s. Tr. cortico-spinalis.
Pyramidenzellen 325.
Pyramis cerebelli 205.

Radiatio strio-thalamica 355.
Radix mesencephalica nervi trigemini 177.
Randstreifen 47.
Randwindung 317.
Randzone s. Zona terminalis.
Raphe 161.
—, Kern 165. 196.
Rautengrube 139. 164.
Recessus infundibularis 69.
Recessus mammillaris 70.
Recessus neuroporicus 62.
Recessus opticus 70.
Recessus praeopticus 258.
Reflex 40.
Regio subthalamica **268** (s. auch Hypothalamus).
Retina 50.
Rezipierende Bahnen 48. 50.
Rhombencephalon 62.
Riechapparat 288. 304. **345.** 360.
Riechapparat des Menschen 306.
Riechbündel 305.
Riechlappen 61.
Riechnerv 59.
Riechstrahlung 345.
Richtungslinien der Sensibilität 90.
Rollers Hypoglossuskern 143.
Rote Haubenherne 231 (s. auch Nucleus ruber).
Rückenmark s. Medulla spinalis.

Schläfenlappen 290. 313.
Schleifenkreuzung 155. 156.
Schleife (s. auch Tr. tecto-bulbares et spinales) 142. **189.** 231. 244.
—, mediale 191.
—, laterale 191.
Schleifenkerne 192.
Schultzesches Comma 101. 111.
Schwannsche Scheide 31.
Sehnervenursprung 253. **262.**
—, Phylogenetisches 264.
Segmentinnervation 90.
Sehstrahlung 267. **359.**
Seitenhorn 96.
Seitenstrang 95. 128.
—, Kern desselben 152.
Seitenstrangbündel 193.
Sensible Bahn im Rückenmark 105.
Sensible Strahlung zur Rinde 359.
Sensorische Wurzeln 46.
Sensorische Nerven 71.
Sensomobilität 55. 112.
Septum pellucidum 67. 76. 291. **350.**
Sinneszentren 363.
Sklerotom 89.
Spatium olfactorium 305.
Spinal- und Kopfganglien, Anlage 15.
Spinalganglien 36. 50. **84.**
—, Entwicklung der 71.
Splenium corporis callosi 315.
Spongioblasten 16.
Spongioplasma 21.
Sprachbahn 362.
Stabkranz des Thalamus 276.
Stabkranz des Vorderhirns 294. **358.** 376.
Stammganglion (s. auch Corpus striatum) 286. 356.
—, Eigenfaserung 355.
Stiel des Corpus mammillare 272.
Stiel des Geniculatum mediale 262.
Stiel des Geniculatum laterale 240. 264.
Stiel des Pulvinar 264.
Stiel des Septum pellucidum 350.
Stiele des Thalamus 269. 358.
Stillingsche Säule s. Clarkesche Säule.
Stirnwindungen 312.
Strangzellen 110.
Stratum intermedium des Mittelhirns 229. 244.
Stratum lucidum des Ammonshorn 334.
Stratum oriens des Ammonshornes 337.
Stratum radiatum des Ammonshornes 334.
Stratum zonale thalami 78.
Stratum zonale des Zwischenhirns 264. **275.**
Striae acusticae 168. 170.
Stria longitudinalis Lancisii 293.

Striae olfactoriae 320.
Stria terminalis 77 356.
Seitenhorn 95.
Subiculum cornu ammonis 334.
Substantia gelatinosa centralis 96. 97.
Substantia gelatinosa Rolandi 96. 109.
Substantia nigra Sömmeringi 209. 244.
Substantia perforata anterior 81.
— — posterior 81. 346.
Sulcus calcarinus 296. 316.
Sulcus calloso-marginalis 296. 315.
Sulcus centralis 300. 311.
Sulcus centralis insulae 310.
Sulcus cinguli 315.
Sulcus collateralis 297. 317.
Sulcus coronalis 299.
Sulcus cruciatus 300.
Sulcus ectosylvius 299.
Sulci frontales 312.
Sulcus intercalaris 296.
Sulcus interparietalis 313.
Sulcus longitudinalis insulae 310.
Sulcus occipitalis anterior 314.
Sulcus occipitalis lateralis 299.
Sulcus orbitalis 299.
Sulcus parasylvius 298.
Sulcus parieto-occipitalis 296. 316.
Sulcus perpendicularis 314.
Sulcus praecentralis 312.
Sulcus pseudosylvius 297.
Sulcus retrocentralis inferior 314.
Sulcus retrocentralis superior 313.
Sulcus rostralis 296.
Sulcus splenialis 315.
Superradiäres Faserwerk 328.
Sympathikus 48 108.

Taenia pontis 184.
Taenia semicircularis 77, **356.**
Taenia thalami 78. 257. 279. **351.**
Tangentialfasern 325. 328.
Tapetum 342.
Tectum opticum 234.
Tectum mesencephali 60. **235.**
Tegmentum 185 (s. auch Haube).
—, Nucleus dorsalis 194.
—, Nucleus ventralis 194.
Telencephalon 63.
Temporalwindungen 313.
Thalamus opticus 60. 77. **253. 268. 274.**
—, Entwicklung des 69.
—, tuberculum anterius 77.
—, nucleus anterior 77.
—, taenia 78. 279.
—, Ganglien 268. **275.**
—, Funktion 283.
Thalamus des Kaninchens 277.
Thalamusstiel 277.
Thalamusschleife 142.
Tiefes Vierhügelmark 235.
Tonsilla 205.
Trochlearis 246.
—, Kern 248
Tractus acustico-tectalis 238.
Tractus antero-lateralis ascendens 151.
Tractus bulbo-corticalis 345.
Tractus bulbo-spinalis trigemini 179.
Tractus bulbo-tectalis 169. 191. 244.
Tractus bulbo-thalamicus **156.** 160. 244.
Tractus cerebello-nuclearis 220.
Tractus cerebello-tegmentalis 79. **214.**
Tractus cervico-lumbalis dorsalis 125.
Tractus corticis ad pontem 362.
Tractus cortico-bulbaris 143. 157. 228. **362.**
Tractus cortico-cerebellaris 214.
Tractus cortico-habenularis 280.
Tractus cortico-spinalis **114.** 127. 135. 157. 160. 227. 363.
—, der Säuger 187.
—, Funktion 132.
Tractus cortico-spinalis cruciatus 114. 128.
Tractus cortico-tectalis 235.
Tractus cortico-tegmentalis 273.
Tractus cortico-thalamicus 269. 276. **358.**
Tractus habenulo-peduncularis 229. 250. 280.
Tractus mammillo-tegmentalis 194. 260.
Tractus mammillo-thalamicus 260. 279.
Tractus nucleo-cerebellares 163.
Tractus occipito-thalamicus 360.
Tractus olfactorius 81. 303. 320. 336.
Tractus olfacto-ammonicus 349.
Tractus olfacto-epistriaticus 357.
Tractus olivaris (Bechterew) s. Tr. spino-olivaris.
Tractus olivo-cerebellaris 149. 150. **217.**
Tractus olivo-tectalis 169.
Tractus opticus 81. **263.** s. Opticus.
Tractus peduncularis transversus 226. 267.
Tractus ponto-cerebellaris 214.
Tractus rubro-spinalis 117. 190. **232. 272.**
Tractus spino-cerebellaris dorsalis 119. 218.
— —, ventralis 120. 194.
Tractus spino-olivaris 128. 149.
Tractus spino-tectalis **237.** 244.
Tractus spino-thalamicus 120. 155.
Tractus strio-thalamicus 269. 355.
Tractus strio-geniculatus 262.
Tractus strio-peduncularis 229.
Tractus tecto-bulbaris 235.
Tractus tecto-bulbaris lateralis 236.
Tractus tecto-spinalis 118. 235.
Tractus tecto-spinalis lateralis 236.
Tractus tecto-spinalis medialis 237.
Tractus thalamo-corticalis 276. 358.
Tractus thalamo-habenularis 280.
Tractus thalamo-olivaris **149.** 189. 244. 271.
Tractus thalamo-spinalis 271.
Tractus vestibulo-nuclearis 249.
Tractus vestibulo-spinalis 118. 162. 174.
Transitorische Furchen 321.
Trapezkörper 169.
Trigeminus 136. **177.**
—, Kerne 177. 179.
—, Wurzeln 177. 178.
—, Nucleus bulbo-spinalis 179.
—, Tractus bulbo-spinalis 179.
—, Mittelhirnwurzel 244.
Tuber cinereum **77.** 83. **258.** 282.
Tuber vermis 204.
Tuberculum acusticum 166.
Tuberculum olfactorium 305.

Uncus 317.
Unterhorn 67. 77.
Uvula 205.

Vagus 140. 144.
Velum medullare anticum 68.
Velum medullare posticum 68. 80. 139.
Ventralstrang s. Vorderstrang.
Ventriculus lateralis 65.
Ventriculus medius 65.
Ventriculus quartus 79. 139.
Ventriculus septi pellucidi 76.
Ventriculus tertius 76.
Ventriculus Verga 76.
Vermis 203. 204. 207.
Vestibularis 172. 173.
—, Nucleus 173.
Vierhügel s. Corpora quadrigemina.
Vierhügelarme 235.
Vierhügelplatte 68.
Vierhügelschleife 191 s. Tractus bulbo-tectalis und tecto-bulbaris.
Vicq d'Azyrsches Bündel 279.
Vicq d'Azyrscher Streif 328.
Vordere Kommissur des Rückenmarks 95.
Vorderhirn **285.**
—, Hirnmantel 294.
—, Eigenapparat 337.
—, Kommissuren 341.
Vorderhirnbündel, basales 355.
Vorderhorn 67. 95.
—, Einteilung seiner Zellgruppen 106
Vorderhorn, Funktion 132.
Vorderstränge 127.

Wurzeleintrittszone 101.
Wurzelinnervation der Haut 91.
—, der Muskulatur 93.
Wurzelareal 88. 94.
Wurzeln des Rückenmarks 87.
— — —, sensible 46. 101.
— — —, absteigende Fasern 101.
— — —, motorische 106.

Zentralkanal des Rückenmarks 80, Epithel 98.
Zentralfurche 300. 311.
Zentrales Höhlengrau des III. Ventrikels 83. 282.
— —, Kern 244.
Zentralwindungen 311.
Zentrum semiovale 74. 337.
Zirbel s. Epiphysis.
Zona granulosa cerebelli 208.
Zona molecularis cerebelli 208.
Zona spongiosa 105.
Zona terminalis 105.
Zwinge 339.
Zwischenhirn 69. **253.**
— dach 68. 256.
—, Entwicklung 63. 64.
Zwischenschicht des Mittelhirns 229.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

